



**Možnosti výroby a aplikace speciálních sladů pro výrobu
piva**
Bakalářská práce

Vedoucí práce:
Ing. Tomáš Gregor, Ph.D.

Vypracovala:
Šárka Ratiborská

Původní zadání

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: Možnosti výroby a aplikace speciálních sladů pro výrobu piva vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....
podpis

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat panu Ing. Tomáši Gregorvi, Ph.D. za odborné vedení mojí bakalářské práce, za pomoc a rady, které mi poskytl během psaní práce. Dále bych chtěla poděkovat pivovaru Litovel, který mi umožnil provést praktickou část mojí bakalářské práce, a panu Adamu Jourovi za jeho rady a zkušenosti, které mi předal v průběhu vaření piva a při vypracovávání mojí práce. V neposlední řadě moje poděkování patří panu Aleši Přinosilovi ze sladovny v Záhlinicích, který mi předal cenné zkušenosti z oblasti výroby sladu.

ABSTRAKT

Předmětem bakalářské práce „Možnosti výroby a aplikace speciálních sladů pro výrobu piva“ je shrnout informace k problematice speciálních sladů vyrobených z různých obilovin a ověřit možnost jejich užití při výrobě piva. V úvodu teoretické části jsou popsány vlastnosti ječmene pro sladování. Teoretická část je zaměřena na výrobu sladu. Tento proces zahrnuje příjem a čištění zrna, máčení, klíčení a hvozdění. V práci jsou shrnuty informace o různých druzích sladu. Popsány jsou slady vyrobené z netradičních obilovin, kam patří slad pšeničný, ovesný, žitný a trikalový. Praktická část je zaměřena na výrobu piva z pšeničného sladu. Vaření piva probíhalo v pivovaru Litovel.

KLÍČOVÁ SLOVA: ječmen, slad, máčení, klíčení, hvozdění

ABSTRACT

The aim of the bachelor thesis „Possibilities of production and application of special malts for brewing“ is to summarize information about special malts made from unusual cereals and check their application for brewing. There are described properties of barley for malting in the introduction of the theoretical part. It is focused on manufacture of malt. This process includes income and cleaning of grain, steeping, germination and kilning. There are information about different kinds of malts. It mainly deals with malts from unusual cereals, which contains wheat malt, oat malt, rye malt and triticale malt. The practical part is aimed at beer brewing from wheat malt. Brewing took place in the Litovel brewery.

KEY WORDS: barley, malt, steeping, germination, kilning

OBSAH

1	ÚVOD	8
2	CÍL	9
3	LITERÁRNÍ PŘEHLED	10
3.1	Ječmen sladovnický	10
3.1.1	Morfologie a anatomie obilky	10
3.1.2	Chemické složení obilky	11
3.1.3	Jakostní požadavky na sladovnický ječmen	14
3.2	Výroba sladu	19
3.2.1	Příjem, čištění, třídění a skladování ječmene	20
3.2.2	Máčení	21
3.2.3	Klíčení	24
3.2.4	Hvozdění.....	30
3.2.5	Závěrečné úpravy sladu	33
3.3	Slady běžných typů	34
3.3.1	Světlé slady plzeňského typu.....	34
3.3.2	Tmavé slady mnichovského (bavorského) typu	34
3.3.3	Vídeňský slad	34
3.4	Speciální slady	35
3.4.1	Karamelové slady	35
3.4.2	Barvicí slady	36
3.4.3	Nakuřované slady	37
3.4.4	Melanoidinové slady	37
3.4.5	Diastatické slady.....	37
3.4.6	Proteolytické (kyselé) slady.....	37
3.4.7	Slady zvyšující redoxní kapacitu piva	38
3.4.8	Krátké slady	38
3.4.9	Pšeničné slady	38
3.4.10	Ovesné slady.....	40
3.4.11	Žitné slady	41
3.4.12	Tritikalové slady.....	43
4	MATERIÁL A METODIKA	44
4.1	Materiál.....	44

4.2	Metodika	44
5	VÝSLEDKY A DISKUSE.....	46
6	ZÁVĚR.....	47
7	PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY	49
8	SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	53

1 ÚVOD

Výroba sladu a piva má ve světě tisíciletou tradici. Již v období 2000 let př. n. l. se slad používal v Mezopotámii a Egyptě k výrobě kvašených nápojů. Pivo se nepřipravovalo jen z ječmene, ale také z pšenice a prosa. Výluh ze sladového zrna se obvykle nechával vykvasit na slunci. Zbytky obilného rmutu byly nalezeny také v Bavorsku v hliněných nádobách již z pozdního neolitu.

U nás se o výrobě sladu zachovaly zprávy z 12. a 13. století. V roce 1407 byl založen První pořádek sladovníků a sládků měst pražských.

Do konce 16. století se jednalo o primitivní výrobu sladu a piva. Zpočátku řemeslná příprava, která byla založena převážně na empirii, se s postupným používáním vědeckých poznatků a moderních technologií stala průmyslovou specializací. V českých zemích se až do středověku vařila piva z pšenice. V pozdějších dobách převládla výroba piva z ječmene.

V průběhu 19. století se vyvíjela potravinářská chemie a došlo také k rozvoji kontrolních metod ve sladařství a pivovarnictví. Ve 20. století se řemeslná výroba postupně přeměňovala na průmyslové odvětví. Vlastní sladovnu mělo až 90 % pivovarů.

V současnosti se u nás slad vyrábí ve 35 sladovnách, které produkují kolem 500 000 tun sladu ročně. Z celkové produkce České republiky obchodní sladovny vyrábějí asi 76 %. Zbývající podíl vyrábějí sladovny patřící pivovarům. Největší sladovna se nachází v Nymburku.

Drtivá většina sladů vyrobených v České republice je vyráběna ze sladovnického ječmene. Až 97 % sladu, který se vyrobí v českých sladovnách, je slad českého typu. Zbytek pak tvoří slad mnichovský a slady speciální. Mezi speciální slady patří celá řada sladů, které jsou vyráběny z ječmene úpravou sladovnického procesu. Dále se sem řadí i slady vyrobené z jiných obilovin, např. slad pšeničný, ovesný a žitný.

Mezi největší producenty sladu u nás patří Sladovny Soufflet ČR, a. s. Na tuzemské produkci se podílejí přibližně z 66 %. K největším sladařským společnostem světa patří Soufflet Group, Carfill, Inter Malting, Malteurop, Rahr, Heineken, Ambev .

2 CÍL

Cílem této práce je vypracování literární rešerše k problematice speciálních sladů vyrobených z různých obilovin. Popsání možných technik a modifikací sladovnického procesu vzhledem k výsledným vlastnostem finálního sladu a požadovaným vlastnostem hotového piva. Ověření možnosti použití speciálních sladů z netradičních obilovin při výrobě piva.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Ječmen sladovnický

Ječmen je nejdůležitější surovinou pro výrobu sladu. Ne všechny ječmeny jsou však pro sladování vhodné a ty, které se používají, mají různé charakteristické vlastnosti. Proto musí být sladaři schopni vyhodnotit vhodné odrůdy pro zpracování na slad (Briggs, 1998).

K výrobě sladu je u nás používán ječmen jarní dvouřadý, nící (Pelikán, Dudáš, Míša, 2002). Převažují odrůdy tzv. „diamantové řady“, kam patří např. Akcent, Amulet, Kompakt a Tolar (Zimolka et al., 2000). Vlastnosti odrůd ječmene mají výrazný vliv na kvalitu sladu a z něj vyrobeného piva (Dráb, 2013).

3.1.1 Morfologie a anatomie obilky

Rostlina ječmene se skládá z kořenové soustavy, stébla, listů a květu. Květenstvím je složený klas. Kolem klásku se nacházejí plevy, které jsou zakončeny osinou. Ochrana květu a později i obilky je zajištěna pomocí pluchy a plušky. Mechanické poškození pluch může mít u některých obilek za následek zhoršení homogenity rozluštění (Basařová et al., 2015).

Obilka ječmene je hlavním zdrojem sacharidů, bílkovin a ostatních složek, které jsou nezbytné pro vytváření charakteristických vlastností sladu (Kadlec, 2012). Je složena ze tří částí: obalu, zárodku a endospermu.

Obalovou vrstvu na hřbetní straně tvoří plucha, na břišní straně pluška, dále se nachází oplodí a osemení.

Největší podíl obilky tvoří endosperm (Kosař, Procházka, 2012). Jsou v něm uloženy zásobní bílkoviny a škrob. Je to část obilky, která se v průběhu sladování a při použití sladu v pivovaru významně biochemicky mění (Pelikán, Dudáš, Míša, 2002). Svrchní vrstvou endospermu je tzv. aleuronová vrstva, která je složena z hranolových buněk (Basařová, Čepička, 1985). Povahu endospermu určuje poměr obsahu škrobu k obsahu dusíkatých látek, rozlišujeme tak jeho moučnatost nebo sklovitost (Kosař, Procházka, 2012). Chemické složení a fyzikální vlastnosti buněk aleuronové vrstvy a endospermu mají značný vliv na složení sladiny, ekonomiku výroby piva a jeho kvalitu. Na základě toho většina kvalitativních znaků sladu hodnotí zejména

amylolytickou, cytolytickou a proteolytickou degradaci těchto částí a také její vliv na smyslové a koloidní vlastnosti piva (Basařová et al., 2015).

Zárodek se nachází ve spodní části obilky. Jedná se o živou část zrna (Basařová, Čepička, 1985). Po hydrataci z něj vyrůstá nová rostlina (Kosař, Procházka, 2012). Zárodek je ze sladařského hlediska velmi důležitý. Vycházejí z něho podněty pro tvorbu enzymů, které jsou nutné k hydrolýze složitých zásobních látek, a látek, které jsou důležité pro tvorbu extraktu. Produkuje fytohormon giberelin, díky němuž je v buňkách aleuronové vrstvy aktivována produkce hydrolytických enzymů. Ty v endospermu zrna degradují buněčné stěny jednotlivých buněk, bílkoviny, které obalují škrobová zrna a přeměňují škrob na zkvasitelné cukry (Basařová et al., 2015).

3.1.2 Chemické složení obilky

Ječmen je tvořen z 12–20 % vodou, 80–88 % zaujímá sušina, která se skládá z organických dusíkatých a bezdusíkatých látek a z látek anorganických. Pro sladařství a pivovarnictví jsou nejdůležitějšími složkami sacharidy, dusíkaté látky, polyfenoly a enzymy (Pelikán, Dudáš, Míša, 2002).

Celkový obsah anorganických látek, tzv. popelovin, se pohybuje v rozmezí 2–3 % sušiny (Basařová et al., 2015). Obsah minerálních látek je ovlivněn zejména dodáváním živin během růstu, dále pak zráním a podmínkami při pěstování (Kosař, Procházka, 2012).

Sacharidy

Sacharidy tvoří asi 80 % hmotnosti zrna (Pelikán, Dudáš, Míša, 2002).

Nejvýznamnějším a nejvíce zastoupeným sacharidem v zrně je škrob (Pelikán, Dudáš, Míša, 2002). Slouží jako zásobárna živin pro klíček v období klíčení. Z jednoduchých sacharidů vzniká enzymaticky při asimilaci CO₂ během fotosyntézy (Hartman et al., 2010). Obsah škrobu u kvalitních sladovnických ječmenů činí 62–66 % v sušině (Pelikán, Dudáš, Míša, 2002). Ve formě škrobových zrn nebo škrobových granulí, což jsou nerozpustné micely, se ukládá v cytoplazmě buněk (Velíšek, Hajšlová, 2009). Základními složkami škrobu jsou amyloza a amylopektin. Amyloza je zastoupena v menším rozsahu, tvoří přibližně 25 % z celkového obsahu škrobu. Její uspořádání je lineární. Zbylou část tvoří amylopektin, který má rozvětvenou strukturu (Hutkins, 2006). Jeho prostorové uspořádání má vliv na mazovatění škrobu.

Ve studené vodě se škrobová zrna nerozpouštějí. Bobtnají a přijímají vodu. V průběhu zahřívání se bobtnání zesiluje. Struktura škrobových zrn se rozruší asi při teplotě 70 °C. Vzniká koloidní roztok a škrob mazovatí. Podle podílu škrobu v endospermu se rozlišuje sklovitost a moučnatost zrna (Basařová, Čepička, 1985). Výše obsahu škrobu je závislá na obsahu bílkovin a také na stavu porostu a délce slunečního svitu v období závěru vegetace (Kosař, Procházka, 2012).

Nízkomolekulární sacharidy se vyskytují v zrně jako volné cukry (Basařová et al., 2015). Nachází se zde především sacharosa a rafinosa, které jsou zejména v klíčcích, dále maltosa, glukosa a fruktosa.

Přibližně 4–7 % zrna tvoří celuloza, která je hlavní stavební složkou pluchy. Je také obsažena v klíčku, oplodí a osemení.

Na stavbě buněčných stěn a jejich pevnosti mají podíl hemicelulosy. Buňky endospermu obsahují asi 75 % β -glukanů a 20 % pentosanů. β -glukany se obvykle nacházejí v množství 4–7 %. Jejich vyšší obsah je nežádoucí. Důvodem většího výskytu může být neúplný rozklad buněčné stěny. Důsledkem toho je slabá mobilizace škrobu a zásobních proteinů (Kosař, Procházka, 2012). Negativně ovlivňují rychlost rozluštění zrna v průběhu sladování. β -glukany také vytvářejí vysoce viskózní vodné roztoky, což může způsobovat potíže při filtraci sladiny piva (Pelikán, Dudáš, Míša, 2002). Mohou být také příčinou nebiologických zákalů piva. Je jim ale připisován kladný vliv na plnost chuti a pěnivost piva (Basařová et al., 2015). Během skladování působí negativně na stabilitu piva (Kosař, Procházka, 2012).

Lipidy

Lipidy se nacházejí zejména v aleuronové vrstvě, pluchách a klíčku, kde je asi jedna třetina celkového množství. Zastoupení lipidů se pohybuje v rozmezí 2–3 %. Převažující část lipidů zůstává ve sladovém mlátu, jen malé množství se spotřebuje při dýchání (Basařová, Čepička, 1985). Nepatrná část se dostává při rmutování do mladiny.

Lipidy ječmene a sladu tvoří látky, které mají při výrobě piva pozitivní i negativní význam. Jsou důležité při klíčení sladu a v metabolismu kvasinek při výrobě piva. Negativně se působení lipidů projevuje zhoršenou stabilitou pěny a chutí piva. Lipidy se účastní na tvorbě senzoricky nežádoucích látek, zejména karbonylů. Ty se řadí mezi tzv. komponenty staré chuti piva (Basařová et al., 2015).

Fosfáty

Fosfáty mají fyziologický význam pro klíček (Kosař, Procházka, 2012). Asi z poloviny se skládají z fytinu, což je ester kyseliny fosforečné a inositolu. Fosfáty mají podíl na udržování pH při klíčení, ale také v mladině a pivu (Basařová, Čepička, 1985).

Polyfenoly

Polyfenoly, neboli tříslovinné látky, se vyskytují v množství 0,1–0,6 %. Jsou obsaženy převážně v obalových částech a aleuronové vrstvě (Basařová et al., 2015). Obecně platí, že čím je vyšší obsah bílkovin, tím nižší je pak množství polyfenolů (Kosař, Procházka, 2012).

Mezi nízkomolekulární a středněmolekulární polyfenoly patří tanoidy, jejichž obsah se dává do vztahu s výší bílkovinných zákalů, s intenzitou chuti, hořkosti a plnosti piva (Kosař, Procházka, 2012). Z hlediska chuti a koloidní stability piva mají význam anthokyanogeny, které se při zahřátí v kyselém prostředí mění na barevné anthokyanidiny (Basařová, Čepička, 1985). Polymerací sloučenin typu flavandiolů vznikají složité polyfenoly (Kosař, Procházka, 2012). Pro ně je charakteristická tzv. tříslovinná síla, což je schopnost vázat vysokomolekulární dusíkaté sloučeniny a vylučovat je z roztoků. To se uplatňuje při tvorbě lomu mladiny a koloidních zákalů piva (Basařová, Čepička, 1985).

Gumovité látky

Podíl gumovitých látek se pohybuje okolo množství 2 %. Jedná se o hemicelulosity, které se rozpouštějí ve vodě za tvorby koloidních roztoků (Kosař, Procházka, 2012).

I když je jejich zastoupení poměrně malé, mají velký význam. Ovlivňují viskozitu sladiny a stabilitu pěny piva (Pelikán, Dudáš, Míša, 2002).

Dusíkaté látky

Dusíkaté látky jsou nosiči biologických změn v průběhu výroby sladu a piva. Důležitý technologický význam mají ve zpracování ječmene na slad, při pomnožení kvasnic, přispívají k plnosti chuti piva, mají podíl na pěnivosti a stabilitě pěny. Působí jako tlumivé složky piva (Basařová et al., 2015). Obecně lze tyto látky rozdělit na dusíkaté látky typu bílkovin a dusíkaté látky nebílkovinné povahy.

Optimální množství bílkovin ve sladovnickém ječmenu se pohybuje v rozmezí 10–11,5 % (Kosař, Procházka, 2012).

Podle fyzikálně-chemických vlastností se člení do čtyř skupin: albuminy, globuliny, prolaminy a gluteliny. Vyšší množství glutelinů může způsobovat horší rozluštění sladu (Kosař, Procházka, 2012).

Ječmeny, které mají vyšší obsah bílkovin, přijímají při máčení hůře vodu. Doporučuje se proto sladování s vyšším obsahem vody, aby bylo dosaženo dostatečného proteolytického a cytolytického rozluštění.

Zrna s nižším obsahem bílkovin jsou hodnocena jako sladařsky nevhodná. Je obtížné u nich dosáhnout požadovaných hodnot relativního extraktu a množství rozpustného dusíku. Piva vyrobená z takového sladu jsou málo pěnivá, mají nízkou stabilitu pěny a prázdnější chuť (Prokeš, 2000).

Enzymy

Enzymy mají zásadní význam pro všechny životní pochody zrna. Na činnosti celé škály enzymů je závislý technologický proces výroby sladu i piva. Enzymy jsou aktivní při klíčení sladu, přípravě mladiny a při jejím kvašení (Basařová, Čepička, 1985). Během sladování zajišťují výživu a vývin zárodka, mají vliv na proces rozluštění zrna a podílejí se na tvorbě charakteristických vlastností sladu. Enzymy jsou v částech obilky rozloženy v různé míře (Basařová et al., 2015).

Vitaminy

Vitaminy se v zrně nacházejí především v zárodce a aleuronové vrstvě. Jsou důležité během klíčení a kvašení, kde mají podíl na syntéze některých enzymů. Mezi vitaminy obsažené v ječném zrně patří vitamin E, H, provitamin A, skoro celý komplex vitamínů skupin B, dále kyselina nikotinová, pantothenová, listová a také malé množství vitamínu C (Pelikán, Dudáš, Míša, 2002).

Ječmen je jednou z mála rostlin, která je schopna syntetizovat všech 8 izomerů vitamínu E, které chrání obilku před oxidací během skladování a klíčení (Zavřelová, 2014).

3.1.3 Jakostní požadavky na sladovnický ječmen

Mezi základní požadavky patří především odrůdová jednotnost a stejný produkční původ zrna. Podmínkou je dostatečná vyzrálость zrna. Nevyzrálé ječmeny totiž obvykle obsahují méně enzymů a více nízkomolekulárních látek. Nedostatečný obsah enzymů

způsobuje pomalé štěpení zásobních látek, výživa zárodku je nedostatečná a obvykle nevyhovuje jakost sladu (Pelikán, Dudáš, Míša, 2002).

Důležitý je co nejnižší obsah cizích, biologicky poškozených a plesnivých zrn a zrn se zahnědlými špičkami (Dostálek, 2012). Pokud se tato zrna dostanou do podílu, který se sladuje, hrozí nebezpečí mikrobiální kontaminace ostatních zrn při máčení a klíčení (Kosař, Procházka, 2012). Takové obilky přijímají při máčení vodu rychleji, v důsledku toho jsou napadány mikroorganismy, plesniví, hnijí a snižují tak jakost finálního sladu (Pelikán, Dudáš, Míša, 2002).

K požadavkům na sladovnický ječmen patří: výnos zrna 6,5–7 t.ha⁻¹, počet produktivních odnoží 2–2,5; počet zrn v klasu 18–20, hmotnost 1000 zrn 42–46 g, vhodné biologické vlastnosti, poměr zrna ke slámě 1:1,5; výška rostliny 70–80 cm, odolnost proti poléhání, délka vegetační doby 95–105 dnů, vysoká suchovzdornost, rezistence proti chorobám, obsah škrobu 60–65 %, obsah bílkovin 10,7–11,2 % (Kosař, Procházka, 2012).

O kvalitě ječmene lze rozhodnout na základě subjektivních a objektivních znaků.

Subjektivní znaky:

- Barva zrna – zrno by mělo mít slámově žlutou barvu, která je rovnoměrná po celém jeho povrchu. Pro zdravý ječmen je charakteristický lesk, který vypovídá o příznivém průběhu vegetace. Lesk se snižuje s dobou skladování (Dudáš, Pelikán, 1987). Barva zrna má obvykle vliv i na barvu vyrobeného sladu (Kosař, Procházka, 2012).
- Jemnost pluchy – tato vlastnost má souvislost s tloušťkou pluchy, je ovlivněna odrůdou a také ročníkem sklizně. Plucha by měla být s obilkou pevně spojena. Jemná plucha je obvykle charakteristická pro kvalitní ječmen (Dudáš, Pelikán, 1987). Ječmeny, které mají vyšší podíl pluch, nejsou vhodné k výrobě světlých piv. Obvykle mají nižší podíl extraktu a více bílkovin (Basařová, Čepička, 1985).
- Tvar a velikost – zejména poměr šířky k délce zrna jsou genetickou vlastností zrna. Lépe se luští zrna kratší a plná. Obilky, které jsou příliš dlouhé a velké, hůře přijímají vodu. Je u nich tedy nutné provádět intenzivnější máčení. Při klíčení potřebují vyšší teplotu a delší čas (Basařová et al., 2015).

- Vůně – vůně by měla být čistá, charakteristická po čerstvé slámě, což svědčí o zdravém ječmenu (Kosař, Procházka, 2012). Zatuchlá vůně naopak značí ječmen, který byl sklizen za vlhkého počasí nebo byl špatně skladován (Basařová et al., 2015).
- Odrůdová čistota a zdravotní stav (Dudáš, Pelikán, 1987).

Objektivní znaky:

- Objemová (hektolitrová) hmotnost – za nejvhodnější ječmeny jsou ze sladařského hlediska považovány ty, které mají objemovou hmotnost v rozmezí 72–74 kg/hl (Kosař, Procházka, 2012).
- Hmotnost tisíce zrn – je to důležitější kritérium při posuzování, než objemová hmotnost. Je jedním z faktorů pro předpověď extraktu (Basařová et al., 2015). Hodnota by se měla pohybovat v rozmezí 38–48 g (Basařová, Čepička, 1985).
- Podíly zrna nad sítím 2,5 mm – svědčí o vyrovnanosti a plnosti zrn. Vyšší podíly tzv. zadinového zrna nejsou žádoucí. Vyrovnanost zrn je významná z hlediska technologického. Velikostně jednotná a vyrovnaná zrna přijímají při máčení vodu rovnoměrně. Stejně tak stejnoměrně klíčí a dosahují požadovaného stupně rozluštění (Kosař, Procházka, 2012).
- Povaha endospermu – posuzuje se na základě množství moučnatých, poloskvovitých a sklovitých zrn. Pro sladovnický ječmen je požadovaný moučnatý endosperm, který má moučnatost nad 80 %. Sklovitá zrna při máčení přijímají vodu pomaleji, jejich rozluštění je náročné a extraktivnost sladu nízká (Dudáš, Pelikán, 1987).
- Klíčivost a klíčivá energie – patří k nejdůležitějším vlastnostem, které vypovídají o kvalitě sladovnického ječmene (Basařová et al., 2015). Jsou to jedny z hlavních znaků, na kterých závisí celý proces výroby sladu i piva, proto jsou u nich požadovány co nejvyšší hodnoty. Klíčivá energie by neměla klesnout na hodnotu nižší než 92 %. Klíčivost by měla být v rozsahu 98–100 % (Pelikán, Dudáš, Míša, 2002). Sladovací proces je negativně ovlivňován nízkou klíčivostí. Nevyklíčená zrna jsou nezpracovatelná. Nedostatečné vyklíčení způsobuje špatně rozluštěný slad (Kosař, Procházka, 2012).
- Vlhkost – optimální vlhkost při skladování je 14 % (Dudáš, Pelikán, 1987).

- Obsah dusíkatých látek – optimální množství bílkovin se pohybuje v rozmezí 10,5–11,5 % (Dostálek, 2012). Nežádoucí jsou jak hodnoty výrazněji nižší, tak hodnoty výrazněji vyšší (Kosař, Procházka, 2012).
- Obsah škrobu – optimální hodnota se pohybuje v rozmezí 60–65 % (Dostálek, 2012).

V současnosti se sladařská kvalita ječmene hodnotí na základě „Ukazatele sladovnické jakosti“, kde jsou hodnoceny následující znaky:

- Obsah dusíkatých látek.
- Obsah extraktu v sušině sladu – udává množství extraktivních látek, které se uvolnily ze sladové moučky do sladiny (Ryška, 2010). Optimální jsou hodnoty nad 82 % (Kosař, Procházka, 2012).
- Relativní extrakt při 45 °C – je to poměr extraktu získaného při teplotě 45 °C a extraktu získaného při rmutování. Hodnoty by se měly pohybovat kolem 36 % (Ryška, 2010).
- Kolbachovo číslo – udává poměr rozpustných dusíkatých látek ve sladině k celkovému obsahu dusíkatých látek ve sladu (Ryška, 2010). Ideálně by mělo být kolem 40 (Kosař, Procházka, 2012).
- Diastatická mohutnost – udává enzymový potenciál sladu, zejména β -amylasy (Ryška, 2010). Ideální hodnota je nad 250 jednotek podle Windische a Kolbacha (Kosař, Procházka, 2012).
- Dosažitelný stupeň prokvašení – informuje o obsahu zkvasitelných látek ve sladině (Ryška, 2010). Optimální jsou hodnoty nad 82 % (Kosař, Procházka, 2012).
- Friabilita (křehkost) – kolem 85 %.
- Obsah β -glukanů ve sladině – do 150 mg/l (Kosař, Procházka, 2012).

Tabulka č. 1: Základní hodnoty jakostních ukazatelů dle normy ČSN 46 1100 - 5 (ČSN, 2005)

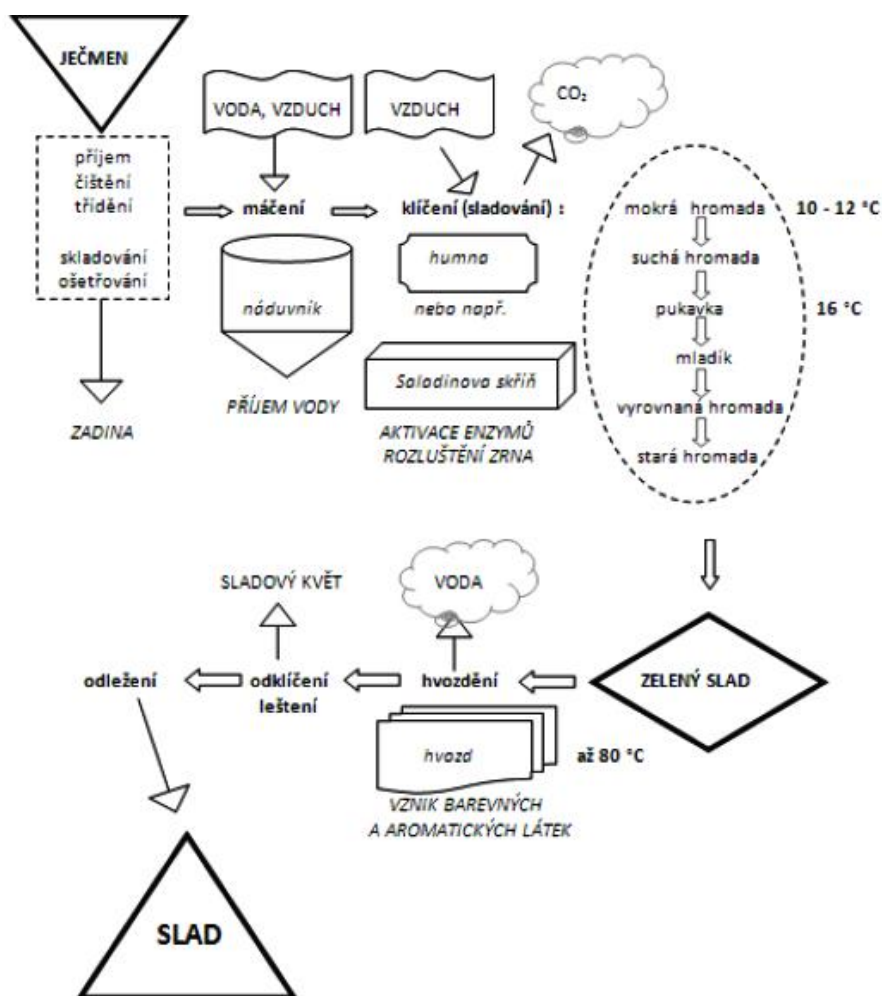
Odrůdová čistota deklarované odrůdy v %	90,0
Barva pluchy	Světle žlutá
Vlhkost v hmotnostních %	14,0
Přepad zrna nad sítem 2,5 mm v hmotnostních %	95,0
Zrnové příměsi sladařsky nevyužitelné v hmotnostních %	2,0
Ostatní zrnové příměsi sladařsky využitelné v hmotnostních %	2,0
Klíčivost v % z celkového počtu zrn	98,0
Obsah N - látek v sušině v hmotnostních %	11,0

3.2 Výroba sladu

Výroba sladu je proces, který je založen na průběhu řady změn probíhajících v zrně. Jedná se o změny vegetační, strukturální, fyzikální, chemické, biochemické a zejména enzymové. Podmínky výroby sladu jsou upravovány na základě vlastností suroviny a druhu vyráběného sladu (Basařová et al., 2015).

Cílem sladování ječmene je přeměnit ho řízeným způsobem klíčení a hvozdění na slad, který je bohatý na enzymy a aromatické a barevné látky, které jsou nezbytné při výrobě konkrétních druhů pív (Dostálek, 2012). To vše s minimálními náklady a ztrátami.

Proces výroby sladu lze rozdělit na tři základní fáze: máčení, klíčení a hvozdění (Kosař, Procházka, 2012).



Obrázek č. 1: Schéma výroby sladu (Koza, 2012)

3.2.1 Příjem, čištění, třídění a skladování ječmene

Ječmen je nakupován sladovnyami buď přímo od pěstitelů ječmene, nebo od obchodních organizací. S přejímkou ječmene se dělá jeho základní rozbor, který je přesně uveden v kupní smlouvě (Basařová et al., 2015).

Příjem ječmene se provádí do košů, odkud se dopravuje k předčištění (Kosař, Procházka, 2012). Dopravní zařízení sladoven slouží k dopravě ječmene, zeleného a odsušeného sladu. Jedná se o mechanická a pneumatická zařízení. Mechanické dopravníky jsou rozděleny na vertikální, kam patří elevátory, skluzy, tobogany, shozy, a na horizontální. Mezi ně se řadí žlabové řetězové dopravníky, šneky, třasadla a vibrátory (Basařová, Čepička, 1985). Pneumatická doprava se člení na sací systémy a systémy dopravy tlakovým vzduchem (Dostálek, 2012). Mezi výhody tohoto způsobu dopravy patří snadná manipulace. Nevýhodou je pak vyšší spotřeba energie, možnost většího poškození zrna a větší nároky na údržbu (Basařová, Čepička, 1985).

Protože přijímaný ječmen obsahuje řadu nečistot a přímísenin, musí jich být před uskladněním zbaven. Dále je nutné zrna vytrít dle velikosti. V první řadě se provádí odstraňování kovových částic z ječmene pomocí magnetu. To je nutné, aby nedošlo k narušení vnitřního povrchu dopravních cest a funkci čistícího a třídícího zařízení (Basařová et al., 2015). Základní předčištění samotných zrn se provádí tzv. aspirátorem. Na vibrujících sítích dojde k odstranění prachu, hrubých nečistot a cizích příměsí (Basařová, Čepička, 1985). Dále se odstraňují půlky zrn a kulatá zrna různých plevelů. Tento proces probíhá na triéru. Jedná se o válec, který má na vnitřní straně svého pláště umístěny kapsovitě důlky o průměru 6,5 mm, díky kterým jsou odstraňovány příměsí a půlky zrn (Kosař, Procházka, 2012). Jelikož vyčištěný ječmen obsahuje zrna různé velikosti, je nutné je roztřídit. Při máčení by totiž docházelo k rozdílům z hlediska přijímání vody. Menší zrna vodu přijímají rychleji než zrna větší. To by mělo za následek nevyrovnané klíčení, poškozenou homogenitu a celkovou kvalitu sladu.

Tříděním se zrna rozdělí na dvě třídy použitelné k výrobě sladu a na odpad. I. třída je tzv. podíl předního zrna, který je zachycen na sítu s otvory 2,5 mm. Ve II. třídě jsou zrna zachycena na sítu s otvory o velikosti 2,2 mm. Podíl, který propadne sítím s otvory 2,2 mm, se nazývá zadina (Basařová et al., 2015).

Ječmen, který je řádně vyčištěný a vytríděný, se v menších a starších sladovných skladuje na půdách. V současnosti nejrozšířenější je skladování v silech (Basařová et

al., 2015). V silech je pneumatická doprava, provzdušňovací zařízení poháněné ventilátorem, případně se může vyskytovat i zaplynovací zařízení, které slouží k potírání skladištních škůdců (Dostálek, 2012).

Během skladování se ječmen dále vyvíjí a mění, což je typické především pro čerstvě sklizené zrno (Kosař, Procházka, 2012). Důvodem hlavních ztrát skladovaného zrna je obvykle intenzivní dýchání, které je zapříčiněné vyšším obsahem vody a vyšší teplotou. Oxid uhličitý, který vzniká při dýchání zrna, je nutno odvádět větráním (Dostálek, 2012).

3.2.2 Máčení

Cílem máčení je řízeným způsobem zvýšit obsah vody v zrně podle typu vyráběného sladu na 42–48 %. To zajistí zahájení enzymatických reakcí, které jsou nezbytné pro klíčení zrna (Pelikán, Dudáš, Míša, 2002). Dále se při máčení odstraní splavky, lehké nečistoty, zrno se omyje a vylouží se z něj nežádoucí látky. Máčení je považováno za nejdůležitější krok při výrobě sladu (Dostálek, 2012).

Proces máčení probíhá v náduvnících, které jsou válcové, nebo čtyřhranné s kónickým dnem, aby mohl ječmen vytékat samovolně ven (Dostálek, 2012). Náduvníky byly dříve vyráběny z železobetonu či ocelového plechu, moderní typy jsou převážně z nerezavějící oceli (Basařová et al., 2015).

Používají se dva typy máčírny. První je jednodenní, kdy máčení zrna trvá maximálně 24 hodin. Namáčení i vymáčení probíhá ve stejném náduvníku. U máčírny dvoudenní, případně třídní, trvá máčení maximálně 48 nebo 72 hodin. Máčírna může být přepouštěcí nebo přečerpávací. V přepouštěcí jsou umístěny náduvníky pod sebou, ječmen se tak samospádem přepustí do náduvníku dalšího dne. U přečerpávací dochází pomocí čerpadel k šetrnému přečerpávání z máčecího do vymáčecího náduvníku. V dnešní době se staví máčírny zejména dvoudenní a přepouštěcí (Kosař, Procházka, 2012).

V současné době je nepoužívanější technologie vzdušného máčení, které probíhá ve třech krocích:

- 1. máčení – dochází ke zvýšení obsahu vody na 30–32 %. Zrno je pod vodou 2–6 hodin a pak následuje vzdušná přestávka 10–18 hodin. Probíhá dvojitá periodická odsávání oxidu uhličitého ke konci vzdušné přestávky.

- 2. máčení – obsah vody se zvyšuje na 38–42 %. Zrno je pod vodou 6–10 hodin. Oxid uhličitý je odsáván během celé vzdušné přestávky po 2–3 hodinách.
- 3. máčení – probíhá na obsah vody 42–45 %, pod vodou je zrno 4–6 hodin (Basařová et al., 2015). 2–4 hodiny probíhá okapávání ječmene, následuje vymáčení za sucha nebo se s třetí vodou vymáčí do pneumatických klíčidel (Dostálek, 2012).

Dalšími typy máčení jsou máčení záplavové, opakované, sprchové a klasické. Záplavové máčení je postup s vysokou spotřebou vody, kterou je zajištěno jak odstranění oxidu uhličitého, tak ochlazení náduvníku.

Výhodou opakovaného máčení jsou nižší sladovací ztráty. Toho je docíleno omezením růstu kořínků bez velkého vlivu na kvalitu sladu (Basařová et al., 2015).

Při užití technologie sprchového máčení se ječmen jen kropí. Podmínkou je dobře vyčištěný ječmen. Předností tohoto postupu je minimální spotřeba vody.

U klasického máčení jsou doby, při kterých je ječmen namočen pod vodou, dlouhé a vzdušné přestávky jsou krátké. Jedná se tedy o opak moderního vzdušného máčení. Ztráty dýcháním jsou minimální. U fyziologicky zdravých, vyzrálých a odleželých ječmenů poskytuje tento způsob kvalitní slady.

Z počátku je příjem vody zrnem rychlý. Postupem času se zpomaluje, protože dochází k nabobtnání škrobnatých a koloidních látek endospermu (Kosař, Procházka, 2012).

Příjem vody zrnem je ovlivněn několika faktory:

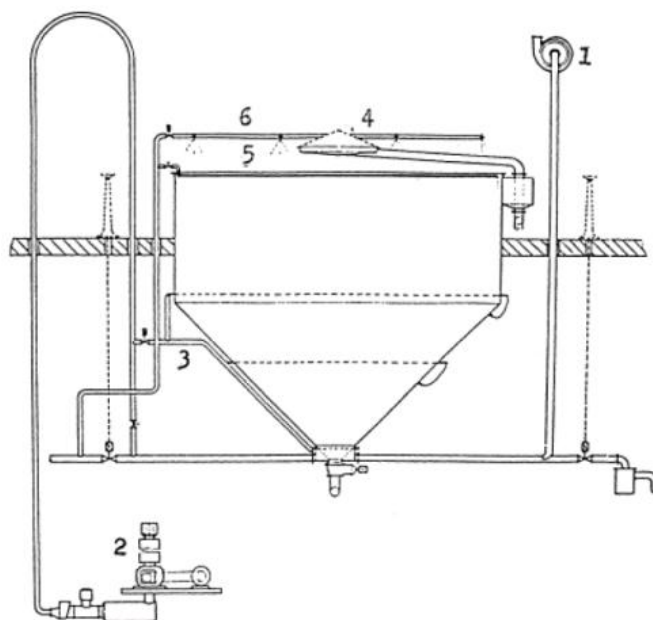
- Teplota vody – má na rychlost významný vliv. Obecně platí, že příjem vody probíhá tím rychleji, čím je voda teplejší (Basařová et al., 2015). Teplota máčení se v průměru pohybuje kolem 16 °C. Vyšší teploty by mohly vést ke snížení činnosti proteolytických enzymů (Palmer, 2006).
- Velikost zrna – je nutné, aby byla zrna řádně vytríděna, aby došlo ke stejně rychlému příjmu vody u všech zrn. Platí, že čím je zrno větší, tím pomaleji vodu přijímá.
- Struktura zrna – je ovlivněna klimatickými podmínkami každého ročníku. Zrna ze suchého ročníku mají obvykle polosklovitý až sklovitý endosperm (Kosař, Procházka, 2012). Sklovitý endosperm přijímá vodu mnohem pomaleji než moučnatý (Palmer, 2006).

- Provětrávání ječmene – se zvyšující se absorpcí vody, dochází k rychlému nárůstu dýchání zrna (Basařová, Čepička, 1985). Při nedostatku kyslíku nastávají anaerobní podmínky, které vedou ke změně dýchání na fermentaci za vzniku ethanolu, který zpomaluje činnost zárodku a při vysokých koncentracích ho může dokonce usmrtit (Basařová et al., 2015).

Optimální stupeň domočení zrna je u plzeňských sladů 42–45 %, u bavorských 46–48 %. Je ho dosaženo při teplotě máčecí vody 12 °C (Pelikán, Dudáš, Míša, 2002).

Bylo zjištěno, že kyselé pH máčecí vody mírně zvyšuje rychlost klíčení, citlivost na vodu a klíčivou energii (Jelínek et al., 2013).

K vymáčení ječmene jsou používány dva způsoby. Jedním je suché vymáčení, které se používá pro klíčení na humnech. Z náduvníku se vypustí poslední máčecí voda, ječmen se nechá odkapat a následně je samospádem přemístěn přímo na humna (Basařová, Čepička, 1985). Druhý způsob je mokrá výmáčka, která probíhá s vodou. Převod domočeného ječmene do klíčidla probíhá pomocí poslední máčecí vody. Tento způsob je užíván při klíčení v bubnových a skříňových sladovadlech, kde je ječmen přiváděn na perforované dno, odkud voda odteče (Basařová et al., 2015).



Obrázek č. 2 : Kónický náduvník firmy Bühler (Koza, 2012)

1 - odsávání CO₂, 2 - tlakové větrání vzduchem, 3 - kruhy pro rozvod tlakového vzduchu, 4 - rozrážecí plech, 5 - vnitřní kruh trysek pro sběr splavků, 6 - trysky tlakové vody proti prachu

3.2.3 Klíčení

Podstatou a cílem klíčení je aktivace a syntéza široké škály enzymů. Dochází k požadovanému stupni rozluštění zrna podle typu vyráběného sladu (Pelikán, Dudáš, Míša, 2002).

V zrně probíhají chemické, biochemické, fyziologické, fyzikální a chemické změny, se kterými souvisejí růstové projevy a změny struktury (Basařová et al., 2015). V průběhu klíčení se rezervní vysokomolekulární látky, které jsou uloženy v zrně, působením enzymů odbourávají na rozpustné nízkomolekulární látky. Tento proces je označován jako rozluštění zrna (Kosař, Procházka, 2012). Rozluštění zrna je důležitým kritériem v kvalitě různých druhů sladů i v kvalitě a vlastnostech jednotlivých druhů piva (Basařová et al., 2015).

Tvorba a aktivace enzymů je nejdůležitějším procesem v průběhu klíčení (Basařová, Čepička, 1985). Enzymy jsou, s výjimkou α -amylasy, v zrně v malém množství již obsaženy. Díky činnosti fytohormonů je zajištěn nárůst aktivity stávajících enzymů, resp. syntéza enzymů nových. Podmínkou pro tyto pochody je dostatek metabolické energie. Ta je zajišťována během oxidačního odbourávání zásobních látek (Kadlec, 2012).

Nejdůležitější jsou amylolytické enzymy, které mají zásadní význam při hydrolyze škrobu během výroby mladiny (Basařová, Čepička, 1985). Největší množství α -amylasy, která není v ječmeni přítomna, vzniká v druhém až čtvrtém dnu klíčení. Proto se při výrobě enzymaticky bohatých sladů nechává slad klíčit velmi dlouho a obsah α -amylasy se dále zvyšuje. β -amylasa je v zrně v malém množství přítomna. Od druhého a třetího dne klíčení se její množství zvyšuje (Kosař, Procházka, 2012).

Mimo aktivaci a tvorbu enzymů dochází také k látkové přeměně. Z látkových přeměn jsou nevýznamnější pochody, které se celkově označují jako rozluštění. Patří sem zejména rozrušení buněčných stěn a následné rozštěpení škrobových zrn a bílkovinných řetězců. Rozštěpení buněčných stěn je zajištěno působením enzymů, které patří do skupiny tzv. cytolytických enzymů. K nim patří např. hemicelulasy a β -glukanasy (Dostálek, 2012). Je důležité, aby byly β -glukany při klíčení výrazně degradovány. To je nutné k docílení potřebné modifikace sladu a ke zpřístupnění škrobových zrn pro štěpení amylolytickými enzymy, kdy vznikají z kvasitelné cukry během přípravy mladiny. Při klíčení jsou β -glukany degradovány na rozpustné gummy. Jejich množství v zrně klesá (Basařová et al., 2015). Jelikož je slad rozhodujícím

faktorem pro obsah β -glukanů ve sladině i v pivu, je důležité ječmeny šlechtit na jejich nízký obsah.

Podíl škrobu se při klíčení snižuje a dochází ke zvyšování množství cukrů. Na cukry je během sladování odbouráno asi 5–6 % škrobu (Kosař, Procházka, 2012).

Dusíkaté látky procházejí během klíčení také značnými změnami. Mění se poměr mezi jednotlivými frakcemi, ale dochází i k výraznému štěpení rezervních proteinů (Basařová et al., 2015). Bílkoviny jsou v průběhu sladování použity k výstavbě nových tkání při tvorbě kořínků a střelky. Pro transport je proto nutná přeměna vysokomolekulárních bílkovin na rozpustné nízkomolekulární štěpné produkty. Do rozpustné formy je převedeno asi 35–40 % z celkového obsahu bílkovin. Vznikají především aminokyseliny a oligopeptidy (Prokeš, 2000). Pro posouzení stupně rozluštění bílkovin je stanovováno Kolbachovo číslo. Toto číslo udává procentuální podíl rozpustného dusíku ve sladině k veškerému dusíku ve sladu (Pelikán, Dudáš, Míša, 2002).

Mezi faktory, které ovlivňují klíčení, patří vlastnosti suroviny, obsah vody v zrně, teplota, poměr obsahu vzduchu a oxidu uhličitého v hromadách, doba klíčení, aktivita přírodních stimulatorů klíčení, ale i negativní vliv inhibitorů (Basařová et al., 2015).

Potřebný obsah vody závisí na vlastnostech zpracovávaného ječmene, také na typu sladu a na požadovaných parametrech jakosti (Dostálek, 2012). Vymočený ječmen má obvykle nižší obsah vody, než který je nutný k dobrému průběhu klíčení a požadovanému rozluštění (Kosař, Procházka, 2012). Pokud není hodnota vody dostačující nebo dochází k oschnutí hromad, musí se v průběhu klíčení dodat. Vyšší obsah vody je významný pro aktivaci a syntézu amylolytických, proteolytických a cytolytických enzymů a také pro zkrácení doby klíčení. Dochází ale také k rozsáhlejšímu rozpouštění polyfenolů a anthokyanogenů a k vyšším ztrátám extraktu v důsledku dodýchávání (Basařová et al., 2015). Při výrobě světlého sladu plzeňského typu je obsah vody 43–45 %. U tmavého bavorského sladu je to 48–50 % (Dostálek, 2012). Teplota vody při máčení a teplota hromad ovlivňují indukci enzymů. Na začátku klíčení vyvolávají vyšší teploty optimální aktivaci většiny enzymů.

Díky delší době klíčení je podpořen degradační účinek enzymů. Potřebnou dobu klíčení je možné regulovat úpravou vlhkosti a teploty.

Pro správný průběh máčení a klíčení je velmi důležitý vzdušný kyslík. Nahromadění oxidu uhličitého má za následek omezení projevů životních funkcí zrna.

Velmi významné je při klíčení působení růstových látek. Zejména pak přítomnost přirozeného hormonu giberelinu (Basařová et al., 2015). Po prvním až třetím dni klíčení reaguje aleuronová vrstva na hormon giberelin a uvolňuje skupinu hydrolytických enzymů. Tento proces začíná v blízkosti zárodku a postupně se šíří až k vrcholu zrna. Umělým přídavkem kyseliny giberelové k zrně se zvýší produkce a uvolňování enzymů (Briggs, 1998). Kyselina giberelová by měla být aplikována až po vyklíčení zrna. Tím je usnadněn příjem hormonu (Palmer, 2006). Klíčení se tak urychlí a sladovací ztráty jsou nižší (Basařová et al., 2015).

Podle teplotního průběhu se uplatňuje několik typů klíčení. Jedná se o studené klíčení, kdy teplota nepřekračuje 12 °C (Kosař, Procházka, 2012). Tento postup je energeticky náročný kvůli zajištění chlazení v teplém období roku. Výhodou jsou však menší ztráty extraktu prodýcháváním. Je-li v zrně dostatečný obsah vody a délka klíčení je taktéž dostačující, mají vyrobené slady vyšší obsah extraktu, nízkou barvu a jsou enzymově bohaté (Basařová et al., 2015). Dalším používaným způsobem je klíčení při klesající teplotě. Od druhého dne se provádí postupné snižování teploty, a zároveň je zvyšován obsah vody v zrně. Toho se využívá při výrobě extraktově a enzymaticky bohatých sladů (Kosař, Procházka, 2012). Tímto postupem vyrobené slady jsou velmi rozluštěné, mají nízkou barvu, ale obvykle také i zvýšený obsah nežádoucích β -glukanů (Basařová et al., 2015). Zvyšování teploty denně asi o jeden stupeň se uplatňuje u klíčení při stoupající teplotě. Tento postup odpovídá přirozenému klíčení na humně a je méně náročný na energii (Kosař, Procházka, 2012). Posledním způsobem je klíčení se zvýšenou standardní teplotou, která se obvykle pohybuje v rozmezí 16–18 °C (Basařová et al., 2015).

Použití nízkých teplot při klíčení nám zajistí nízké ztráty způsobené dýcháním. Jedná se však o energeticky náročný způsob. Teploty v rozmezí 18–22 °C jsou vhodnější pro luštění tvrdších ječmenů a ječmenů, které obsahují vyšší množství bílkovin (Kosař, Procházka, 2012).

Při klíčení ječmene jsou rozlišována stádia:

- Mokrý hromada – je to ječmen nastřený do sladovadla (Basařová et al., 2015).
- Suchá hromada – tato fáze nastává 24–36 hodin po vymočení. Zrno zde intenzivně dýchá a hromada se povoluje (Pelikán, Dudáš, Míša, 2002). Pod

horní vrstvou se objevují kapičky vody - „pot“, označuje se to termínem „hromada má dílo“. Na bazální části se objevují první očka - špičky kořínků (Koza, 2012).

- Pukavka – v této fázi hromada potřebuje dostatek vzduchu (Basařová et al., 2015). Zrno se silně potí. Teplota se udržuje v rozmezí 14–15 °C větráním, přehazováním a povolováním (Pelikán, Dudáš, Míša, 2002). Charakteristická je vůně po okurkách. Ke konci tohoto stádia hromada vidličkuje, vyrůstá druhý kořínek. Postupně přechází do fáze mladíku (Basařová et al., 2015).
- Mladík - nejdůležitější fáze klíčení, teplota se udržuje kolem hodnoty 16 °C (Pelikán, Dudáš, Míša, 2002).
- Vyrovnaná hromada – délka kořínků se vyrovnává, střelka dosahuje asi poloviny délky zrna, dýchání se zpomaluje a zrno se dolušťuje.
- Stárnutí hromady – postupně dochází k zavádání kořínků, dýchání silně klesá. Po 12 hodinách se hromada pouze kypří, aby se zabránilo vzájemnému prorůstání kořínků.
- Stará zavadlá hromada – je to poslední stádium, při kterém se získá tzv. zelený slad. Následuje nastírání zeleného sladu na hvozď (Basařová, 2015; Basařová, Čepička, 1985; Koza, 2012).

Zařízení klíčireň

Mezi klasická sladovací zařízení patří humna. K moderním, tzv. pneumatickým systémům, se řadí bubnová, skříňová a věžová klíčidla (Dostálek, 2012).

Humnová sladovna

Humna jsou prostory určené ke klasickému způsobu klíčení, které mají podlahy z hlazeného betonu nebo z dlaždic (Basařová, Čepička, 1985). Jsou opatřeny nosným klenutím, které je podpíráno nosnými sloupy (Kosař, Procházka, 2012).

Aby na humnech nedocházelo k cirkulaci vzduchu a vysychání hromad, neměla by jejich výška překročit 3–4 metry. Teplota v neklimatizovaných humnech je odvislá od vnější teploty, proto je obtížné zajistit optimální teplotu pro klíčení (Basařová et al., 2015). U zrekonstruovaných sladoven je obvykle chlazení již zabudované v podlaze. Tím je umožněno vyšší zatížení humen a lepší podmínky v průběhu klíčení (Kosař, Procházka, 2012). Musí být zajištěno šetrné odvětrávání pomocí oken nebo ventilátorů, aby byla zachována tepelná setrvačnost (Basařová et al., 2015).

Na humna je možné nastírat jen nízké hromady o výšce v rozmezí 10–14 cm (Basařová, Čepička, 1985). Vyšší nastírka je možná pouze u klimatizovaných humen (Basařová et al., 2015).

Z humen jsou získávány velmi kvalitní slady. Slady bývají méně poškozeny a výtěžnost sladování je vysoká.

Nevýhodami humnových sladoven je velký obestavěný prostor, značný podíl ruční práce, velikost vyrobených partií a nedostatečná homogenita. Dodržování technologie sladování je obtížné (Kosař, Procházka, 2012).



Obrázek č. 3: Humnová sladovna - Sladovna Bruntál (Koza, 2012)

Pneumatická sladovadla

Do tohoto typu sladovadla je možné nanášet výrazně vyšší vrstvu ječmene, až 1,5 metru. Všechna jsou opatřena systémem nuceného větrání klimatizovaným vzduchem (Basařová, Čepička, 1985). Slad vyrobený v pneumatické sladovně je kvalitní, ale výtěžnost je nižší a zrna jsou více poškozena.

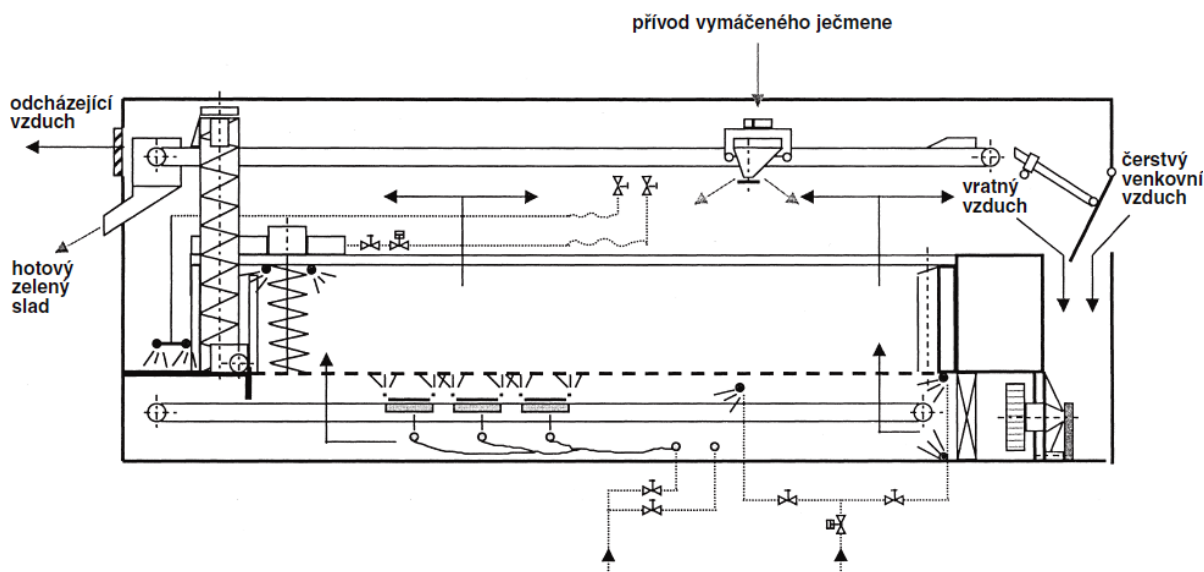
Bubnové klíčidlo je ocelový válec, do něhož je vymáčen ječmen s vodou nebo bez ní. Je umístěn ve vertikální (klíčidlo typu Popp) nebo horizontální (systém Galland a Gruber - Topf) poloze. Za pomalého a stálého otáčení bubnu probíhá klíčení (Kosař, Procházka, 2012).

Skříňové klíčidlo je charakteristické tím, že sladovadla jsou, na rozdíl od bubnů, pevně zabudována. Jsou obdélníkového či kruhového průřezu, nahoře neuzavřená (Basařová et al., 2015). Je zde možnost vysoké automatizace s vysokou kapacitou.

Obsluha skříňových klícidel je jednoduchá a vyrobený slad je vysoce jakostní (Kosař, Procházka, 2012).

- Saladinova skříň – jedná v podstatě o vybetonované kádě, které jsou 40–60 metrů dlouhé a 3–6 metrů široké. Plnění skříní obstarává speciální vystěradlo. U moderních skříní to zajišťují např. pásové dopravníky (Basařová et al., 2015).
- Systém Lausmann – je to zcela automatizovaná přehrnovací skříň (Kosař, Procházka, 2012). Hromada klíčícího ječmene se každý den přemísťuje do následující skříně, které navazují v řadě za sebou v počtu 5–8 (Basařová et al., 2015). Dna skříní jsou zvedána a spouštěna tak, že při zvedání dna je možné odebírání sladu do sousední skříně. Tam naopak dno klesá. Převrstvování sladu zajišťuje lištový dopravník. Slad je homogenní, je zde vysoká výtěžnost a nízké poškození zrna. Tento systém je však nejvíce energeticky náročný (Kosař, Procházka, 2012).
- Systém Saturn – sladovadlo s kruhovým uspořádáním. Sladování probíhá v osmi pohyblivých skříních, které se pohybují nad vzduchovými kanály (Basařová, Čepička, 1985). Skříň se každý den posune o jednu osminu obvodu. Osmý den se zelený slad odhvozdí (Kosař, Procházka, 2012).
- Posuvná hromada – jsou to 40–60 metrů dlouhé betonové kádě, které jsou široké 3–10 metrů. Prostor pod nosnou lískou je rozdělen na 16–18 úseků. Ty se nazývají jako půldenní pole. Obrabeč hromadu kypří a posouvá. Slady z posuvných hromad jsou stejnoměrně a dobře rozluštěné a vyrovnají se sladům humnovým (Basařová, Čepička, 1985).

Věžové klícidlo je kruhové sladovadlo, které je umístěné vertikálně nad sebou (Basařová et al., 2015). Věžová sladovna je vysoká přibližně 60 metrů a její vnější průměr se pohybuje v rozmezí 20–25 metrů. Suchý ječmen je dopravován do nejvyššího patra do namáčecího náduvníku. Máčení bývá obvykle dvoudenní. Z náduvníků ječmen pokračuje na klíčící lísky. Tam je dokrápěn a po končení klíčení je přemístěn na hvozď (Kosař, Procházka, 2012).



Obrázek č. 4: Saladinova skříň firmy Seeger (Kosař, Procházka, 2012)

3.2.4 Hvozdění

Hvozdění je poslední fází výroby sladu. Během hvozdění je inaktivováno mnoho mikroorganismů a obsah vody v zeleném sladu je snížen asi ze 43 % na 5 %. Tím se zrno stabilizuje a je možné jej dlouhodobě skladovat (Palmer, 2006). Dalším cílem hvozdění je zastavit vegetační pochody při zachování požadované enzymové aktivity a vytvořit aromatické a barevné látky, které jsou typické pro jednotlivé druhy sladů a piv (Dostálek, 2012). Je to energeticky nejnáročnější část výroby sladu a tvoří až 90 % nákladů při sladování (Kosař, Procházka, 2012).

Ve sladu dochází během hvozdění k hlubokým fyzikálním, enzymovým a chemickým změnám. Díky tomu se tvoří požadované pivovarské vlastnosti sladu, mezi které patří sensorické vlastnosti, křehkost zrna, barva sladu a jeho chemické složení (Basařová et al., 2015). Změny jsou odvislé od výše teplot, obsahu vody a rychlosti odsoušení vody. Na základě těchto faktorů se průběh hvozdění rozděluje do dvou fází. První je fáze předsoušení sladu, kdy se u světlých sladů obsah vody sníží z původních 40–45 % až na 10–12 %. Tato fáze by u světlých sladů měla probíhat při teplotách vstupujícího vzduchu max. 55 °C a za dostatečného tahu ventilátoru (Kosař, Procházka, 2012). Následuje fáze zvyšování teplot a dotahování sladu. Ta je důležitá právě pro tvorbu sensoricky, fyziologicky a redoxně aktivních látek, díky několika typům reakcí. Mezi tyto reakce patří Maillardova reakce, karamelizace a ostatní reakce

neenzymového hnědnutí. Při Maillardově reakci spolu reagují redukující sacharidy s nízkomolekulárními aminosloučeninami, zejména aminokyselinami. Vznikají karbonylové a aminokarbonylové sloučeniny. Další reakcí je karamelizace. Jedná se o přeměnu samotných redukujících sacharidů za neúčasti aminosloučenin (Basařová et al., 2015).

Nižší teploty na počátku hvozdění a až následné zvyšování teplot po snížení obsahu vody, je důležité také kvůli zachování enzymů. Ty jsou totiž citlivé na vyšší teploty a vyšší obsah vlhkosti (Bamforth, 2003).

Z hlediska chemických a biochemických změn, které probíhají během hvozdění, rozlišujeme fázi růstovou, enzymatickou a chemickou. V růstové fázi teplota ještě nepřekročila 40 °C a obsah vody je nad 20 %, což navozuje optimální podmínky pro další luštění zrna, růst kořínků a stěelky. Fáze enzymatická probíhá při snížení obsahu vody pod 20 %. Teplota je v rozmezí 40–60 °C. Vegetační pochody se zastavují, ale enzymatické reakce dále pokračují. Při obsahu vody v zrně pod 10 % a teplotách nad 60 °C probíhá chemická fáze. Enzymové reakce jsou zastaveny. V zrně se tvoří barevné a aromatické látky (Dostálek, 2012).

Hvozdění sladu probíhá na hvozdech. Existuje jich několik typů, které se dělí podle řady hledisek (Basařová et al., 2015). Hvozdy lze rozdělit dle uspořádání lísek na horizontální a vertikální. Podle počtu a tvaru lísek rozlišujeme hvozdy s jednou, dvěma nebo třemi lískami, tvaru pravoúhlého nebo kruhového. Z hlediska zatížení lísek členíme hvozdy na běžné, normální nebo vysokovýkonné. Podle způsobu a druhu ohřevu na hvozdy s přímým a nepřímým ohřevem, plynové, parní a horkovodní (Dostálek, 2013).

Mezi výhody jednolískové hvozdu patří nižší investiční náklady, menší riziko požáru, jednodušší obsluha (Basařová et al., 2015). Nevýhodou je však odsoušení ve vysoké vrstvě, čímž je zapříčiněna nehomogenita hvozdění a výsledného sladu. Dále má tento hvozd, v porovnání s ostatními, vyšší spotřebu energie (Kosař, Procházka, 2012).

V současnosti jsou uplatňovány zdvojené vysokoúčinné jednolískové hvozdy. Umožňují samostatné nebo společné užití jednolískových hvozdů s výraznou úsporou tepla. Teplý vzduch, který odchází z hvozdu s vyššími teplotami, je pak znovu použit k sušení na druhém hvozdu, kde byl slad nastřen později (Basařová et al., 2015).

Dvoulískové hvozdy jsou vybaveny sklopnými lískami a sběrnými koši, které jsou umístěny pod spodní lískou. Z tohoto typu hvozdu se získává homogennější slad, spotřeba tepla je nižší. Naopak obsluha je náročnější (Kosař, Procházka, 2012).

Třílískové hvozdy se staví v horizontálním nebo vertikálním uspořádání. Ve srovnání s jednolískovými jsou náročnější provozně i stavebně (Basařová, Čepička, 1985). Tepelná účinnost je asi o 10 % vyšší než u dvoulískového hvozdu. Dnešní moderní třílískové horizontální hvozdy jsou vyráběny s lískami nad sebou nebo vedle sebe. Energeticky jsou velmi výhodné (Basařová et al., 2015).

Technologie hvozdění sladu plzeňského typu

Tato technologie je založena na co největším omezení vzniku barevných a aromatických látek. Důležité je maximální zachování enzymové aktivity a křehkosti sladu. K dosažení těchto parametrů je důležité rychlé snížení obsahu vody na 10–12 % při teplotách do 55 °C za vysokého tahu vzduchu, dále pozvolné vyhřátí sladu a jeho dokonalé dotažení při dotahovací teplotě maximálně 85 °C (Dostálek, 2013).

Pro výrobu světlého plzeňského sladu na klasických dvoulískových hvozdech je užíván postup 2 x 12 hodin (Basařová et al., 2015). Zelený slad se na horní lísku nastírá do vrstvy 12–16 cm (Basařová, Čepička, 1985). Sušení na horní lísce probíhá ve dvou fázích. V první fázi probíhá během 6 hodin snižování vody ve sladu z původních 43–45 % na 30 % s teplotou vzduchu v rozmezí 35–40 °C. Ve druhé fázi se obsah vody snižuje na 10 % během dalších 6 hodin. Teplota sušícího vzduchu je 50–60 °C. Po dosažení hodnoty obsahu vody 10 % je slad spouštěn na spodní lísku (Basařová et al., 2015). Teplota vzduchu na spodní lísce je z počátku 55–60 °C, po 4 hodinách se zvýší na 70 °C. Obsah vody klesne na 6 %. Následovně se 3–4 hodiny dotahuje při teplotě 80–82 °C (Basařová, Čepička, 1985).

Hvozdění na jednolískovém vysokovýkonném hvozdu umožňuje nastříit slad do vrstvy 0,6–1 m. Ve fázi, kdy probíhá sušení, je možné použít vyšší náběhovou teplotu sušícího vzduchu, neboť vysoký proud vzduchu je ochlazován ve vrstvě sladu. Ventilátor bývá spouštěn na vysoký výkon. Délka sušení je 10–13 hodin. Výkon ventilátoru se po dosažení obsahu vody 10 % postupně snižuje až na 50 %, dotahovací teplota je 80–85 %. Dotahování probíhá 4–5 hodin (Basařová et al., 2015).

Technologie hvozdění sladu bavorského typu

Cílem je především tvorba melanoidů. V první polovině hvozdění jsou uzavřeny tahy hvozdu. Ve fázi předsoušení sladu je obsah vody snižován pomalu asi na 30 %. Tím je podpořena činnost enzymů, díky kterým vznikají štěpné produkty nezbytné pro tvorbu melanoidů. Pro výrobu sladu bavorského typu jsou charakteristické vyšší teploty dotahování, 102–105 °C, díky kterým je také podpořena tvorba aromatických a barvicích látek (Kosař, Procházka, 2012).

Hvozdění na dvoulískovém hvozdu technologií 2 x 24 hodin probíhá v pěti fázích. Slad je nastřen do výšky 20–25 cm, obsah vody je snížen na 20–25 % při teplotě 40 °C za 12–14 hodin při málo otevřených tazích. Následovně je slad zahříván vzduchem o teplotě 55–60 °C 10 hodin, tahy jsou uzavřeny. Snížení obsahu vody je minimální. Slad je spouštěn na spodní lísku, kde se během 12 hodin obsah vody sníží na 10 % se zavřenými tahy hvozdu. Teplota je 55–60 °C a v této fázi je ukončeno sušení, které celkově trvá 36 hodin. Pak probíhá pomalé vyhřívání na teplotu 70 °C. Fáze dotahování končí po 4–5 hodinách. Dotahovací teploty jsou 102–105 °C. Obsah vody klesá na 1,5–2 % (Basařová et al., 2015).

Hvozdění bavorského sladu na jednolískovém vysokovýkonném hvozdu je dalším užívaným postupem. Jedná se však o komplikovanější technologii než u světlého sladu (Basařová, Čepička, 1985).

3.2.5 Závěrečné úpravy sladu

Po skončení hvozdění sladu následuje několik operací, kam patří chlazení, odklíčení a vyčištění.

Jelikož má slad po ukončení hvozdění vysokou teplotu, musí se co nejrychleji ochladit, aby nedocházelo k další inaktivaci enzymů a zvyšování barvy.

Odkličování je proces, kdy se oddělí sladový květ od sladu. Sladový květ je označen pro suché kořínky a stříčku. Je nutné jej odstranit, protože klíčky rychle a snadno vlhnou a slad by se pak obtížně skladoval. Také by mohlo dojít ke zhoršení sensorických vlastností sladu i piva. K odkličování jsou používána bubnová, šneková a pneumatická odkličovadla.

Před expedicí sladu probíhá tzv. polírování, což je čištění a leštění sladu. Dojde tak k odstranění prachu, rozdrčených zrn a slad získá pěkný vzhled a lesk (Basařová et al., 2015).

3.3 Slady běžných typů

3.3.1 Světlé slady plzeňského typu

Světlé slady plzeňského typu se používají k výrobě piv typu ležáků, konzumních piv a speciálních piv s různou koncentrací původní mladiny. Pro tyto slady je charakteristická nízká hodnota barvy kongresní sladiny, která je v rozmezí 3,0–4,2 jednotek EBC, a barvy po povaření (Basařová et al., 2010). Mají přiměřené proteolytické rozluštění a dostatečnou aktivitu amylas pro dokonalé zcukření rmutů a sladiny (Basařová et al., 2015). Dotahovací teplota při hvozdění se pohybuje v rozmezí 80–85 °C (Basařová et al., 2010).

3.3.2 Tmavé slady mnichovského (bavorského) typu

Slady jsou používány k výrobě tmavých piv. Jsou pro ně charakteristické vyšší hodnoty barvy kongresní sladiny (11,0–17,0 jednotek EBC), dále vyšší obsah bílkovin, výraznější aroma, nižší extraktivnost, nižší aktivita enzymů a zvýšené koncentrace produktů Maillardovy reakce (Basařová et al., 2010). Jedná se především o heterocylické sloučeniny. Tyto sloučeniny vznikají během intenzivnějšího rozluštění v průběhu klíčení a díky vyšším teplotám při hvozdění.

Dotahovací teplota je v rozmezí 100–105 °C (Basařová et al., 2015). Obvykle jsou používány v kombinaci se světlým sladem plzeňského typu. Pivu dávají tmavší barvu a výraznější sladovou chuť (Verhoef, 2003).

3.3.3 Vídeňský slad

Přechod mezi tmavými a světlými slady tvoří slad vídeňský. V současnosti je vyráběn velmi málo. Dříve byl používán pro zvýšení sytosti barvy u světlého piva, dnes má uplatnění při výrobě některých speciálních piv (Basařová et al., 2015).

3.4 Speciální slady

Speciální slady se používají k výrobě tmavých a speciálních světlých piv nebo k úpravě určitých vlastností piv, která jsou vyráběna z běžných světlých či tmavých sladů (Basařová et al., 2015).

Přidáním speciálních sladů k těm běžným, dojde např. k úpravě organoleptických vlastností piva, obzvláště chuti, barvy a pěnivosti (Basařová, Čepička, 1985).

3.4.1 Karamelové slady

Karamelové slady se vyznačují vysokým obsahem aromatických a barevných látek (Basařová et al., 2010). Jsou vyráběny tak, že se zelený slad nebo navlhčený odhvozděný slad v bubnu pražiče dokonale zcukří a následně se vyhřeje na karamelizační teplotu (Dostálek, 2012). Výše použité teploty je odvislá od konkrétního druhu karamelového sladu. Výrazné aroma sladu způsobují zejména heterocyklické aromatické sloučeniny (Basařová et al., 2015). Tyto slady jsou silně hygroskopické a jejich vlhkost je 5–7 % (Basařová et al., 2010).

Před naplněním do bubnu rychlopražiče se slad orosí, aby došlo k úplnému zcukření endospermu při teplotách 70–75 °C během 30–45 minut. Následuje vlastní karamelizační proces, kdy se podle jednotlivých vyráběných druhů teplota zvyšuje na 120–180 °C. Endosperm zrna je po ukončení pražení sklovitý a průsvitný. Karamelizací dojde k utvoření aromatických a barvicích látek a také dochází ke změně obsahu koloidních látek (Basařová et al., 2015).

Podle intenzity pražení je enzymatická aktivita sladů jen nepatrná nebo žádná. V důsledku toho nejsou převážně tmavší druhy schopny samostatně zcukřit. Do sypání se přidávají v množství 4–8 %. Je doporučeno tyto slady šrotovat odděleně. Jejich zrno je totiž křehčí než u běžných sladů. Aby aroma sladů bylo příjemnější, je nutné je nechat před použitím 2–4 týdny odležet (Basařová et al., 2010).

Basařová a Čepička (1985) dělí karamelové slady podle intenzity pražení do čtyř skupin:

- Světlý karamel – vyrábí se mírným pražením při teplotě 120 °C. Barva sladiny je v rozmezí 3,5–6,0 jednotek EBC. Její chuť je nasládlá a plná, aromaticky však nevýrazná.

- Střední karamel – praží se při teplotě 130–150 °C. Barva je v rozmezí 20–40 jednotek EBC. Vůně je sladká, čistě karamelová.
- Normální karamel – je pražen při teplotě 150–170 °C. Jedná se o nejčastěji používaný typ karamelového sladu. Jeho barva je 50–70 jednotek EBC.
- Porterový karamel – praží se při teplotě okolo 180 °C. Používá se pro výrobu silně tmavých piv typu porterů. Sladina má silně karamelovou až nahořklou chuť, aromatickou vůni a barvu v rozmezí 100–120 jednotek EBC.

3.4.2 Barvicí slady

Používají se pro výrobu tmavých piv, u nichž nelze jejich barvy docílit pouze tmavým sladem (Basařová et al., 2015). Jsou vyráběny pražením již hotového sladu v pražiči při teplotě až 220 °C. Stupeň vybarvení sladu je přímo úměrný době pražení (Kosař, Procházka, 2012).

Hotový slad se před výrobou sladu barvicího musí napřed 12 hodin vlhčit. Díky tomu se zvýší obsah vody. To je nutné pro průběh reakcí, při kterých vznikají výrazně barevné látky. V rychlopražičích se slad nechá nejprve při teplotě 60–80 °C zcukřovat po dobu 30–60 minut. Pak se vyhřeje na 160–175 °C a pomalu se během následujících 90 minut vyhřívá až na 220–225 °C (Basařová, Čepička, 1985). Dotahování probíhá tak dlouho, dokud se nedosáhne cílené kakaově hnědé barvy endospermu. Barva dosahuje 800–1500 jednotek EBC (Basařová et al., 2015).

Působením vysoké pražicí teploty mají barvicí slady pozměněny fyzikálně - chemické, fyziologické a dietetické vlastnosti. Pro zmírnění jejich drsné a natrpklé chuti by se měly před svařováním nechat alespoň 2 týdny odležet. Do sypání se přidávají v množství 1–2 %. Je možné je také přidávat i do druhého rmutu nebo až po odrmutování (Basařová, Čepička, 1985).

Zvláštní skupinou barvicích sladů je slad čokoládový. Je to tmavý pražený slad, který je hvozděn při velmi vysoké teplotě, která dosahuje až 230 °C. Pivu dodává tmavě hnědou až černou barvu a lehce praženou chuť. Ta však není, na rozdíl od barvicích sladů, tak pronikavá (Verhoef, 2003).

3.4.3 Nakuřované slady

Tyto slady se vyrábí ve specializovaných sladovnách z ječného sladu, který je sušen přímými spaliny rašeliny (Basařová et al., 2015). To jim dodává typické aroma, které je způsobené vysokým obsahem fenolů, těkajících s vodní parou (Basařová, Čepička, 1985). Používají se zejména k výrobě skotské whisky (Basařová et al., 2015).

3.4.4 Melanoidinové slady

Používají se k výrobě tmavých piv. Jejich vyšší barvy, charakteristické chuti a vůně je dosaženo intenzivnějším průběhem Maillardových reakcí, nikoli zvýšenou teplotou (Basařová et al., 2015).

Jsou vyráběny ze sladů vedených podobně jako tmavý slad, které se před nastíráním nechají zapařit na 50 °C. Tím je dosaženo hluboké amylolyzy a proteolýzy. Teplota při dotahování je 100 °C (Basařová, Čepička, 1985). Jejich vůně je čistě sladová, bez nahořklé příchuti. Barva je 20 jednotek EBC (Basařová et al., 2015).

3.4.5 Diastatické slady

Diastatické slady jsou požívány při zpracovávání enzymově chudých sladů, náhražek sladu a při výrobě sladových výtažků (Basařová et al., 2015). Pro diastatický slad je typická vysoká diastatická mohutnost, která dosahuje alespoň 350 jednotek podle Windische a Kolbacha.

Pro jejich výrobu se používá ječmen, který má vyšší obsah bílkovin, je skladován s vyšším obsahem vody při nízkých teplotách do 14 °C a při delším vedení hromady 6–8 dnů. Slad se hvozdí při nízkých teplotách za maximálního tahu hvozdu. Teplota při dotahování je maximálně 65 °C (Kosař, Procházka, 2012).

3.4.6 Proteolytické (kyselé) slady

Jsou požívány k úpravě kyselosti. Surovinou pro jejich výrobu je zelený nebo hotový slad, který se zkrápí kulturou mléčných bakterií ve sladince. Díky tomu je ve sladu obsah kyseliny mléčné 0,7–4 %. Mléčné bakterie jsou pak zničeny sušením a kyselost kongresní sladiny je významně vyšší než u běžných světlých sladů.

Jsou přidávány v množství 5–10 %. Zlepšují varní výtěžek, pěnivost a trvanlivost piva (Basařová et al., 2015).

3.4.7 Slady zvyšující redoxní kapacitu piva

Tyto slady jsou vyráběny obdobně jako melanoidinové slady z vysoce rozluštěných sladů, které jsou dotahovány při vyšších teplotách (Basařová et al., 2015). Díky vysokému obsahu melanoidinů jsou chráněny ostatní složky piva před oxidací a tím je oddáleno stárnutí organoleptických a koloidních vlastností (Basařová, Čepička, 1985).

3.4.8 Krátké slady

Vyrábí se zkráceným klíčením, které je přerušeno už po 48–72 hodinách nebo po 96–120 hodinách. Přidávají se k přelouštěným sladům v množství 10–20 % (Basařová et al., 2015).

3.4.9 Pšeničné slady

Pšeničný slad je používán k výrobě pšeničných i dalších svrchně kvašených piv.

Vhodnost pšenice ke sladování je hodnocena na základě obsahu škrobu a bílkovin, důležitý je také poměr mezi obsahem amylosy a amylopektinu.

Pro výrobu pšeničných sladů je používána pšenice setá (*Triticum aestivum*) a pšenice špalda (*Triticum aestivum* var. *spelta*). Pšenice špalda obsahuje vyšší množství neškrobových sacharidů, mezi které patří např. arabinoxylany a fruktosany. Na rozdíl od pšenice seté, má více thiaminu, riboflavinu a minerálních látek (Basařová et al., 2015).

Pšeničné obilky, na rozdíl od ječmene, nemají pluchy, a proto nejsou při sladování tak dobře chráněny (Verhoef, 2003). Dále obsahují vyšší podíl dusíkatých látek a polysacharidů. Obzvláště významným parametrem je obsah arabinoxylanů a fruktosanů. Enzymové odbourávání fruktosanů je důležité pro zlepšení filtrovatelnosti pšeničných piv.

Pšenice zhoršuje průběh scezování, filtrovatelnost a koloidní stabilitu (Basařová et al., 2015). I když pšeničný slad obsahuje dostatek enzymů pro kvasný proces, používá se obvykle v kombinaci s ječmenem, čímž se docílí vyšší průzračnosti (Verhoef, 2003).

Odrůdy s vysokým obsahem bílkovin způsobují problémy při vaření piva. Z tohoto důvodu jsou pro sladování a vaření upřednostňovány odrůdy s nižším podílem

bílkovin a s nízkými hodnotami viskozity (Faltermaier, 2014). Bílkoviny pšenice jsou jedním z hlavních faktorů, který určuje kvalitu pšeničného sladu. Výzkum prokázal, že pro dosažení kvalitního sladu, by měl být obsah bílkovin v rozmezí 12,72–13,88 %. Ideální poměr mezi nerozpustnými a rozpustnými bílkovinami pšenice by měl být 1,44–2,23 (Guo et al., 2013).

Mezi znaky hodnocené u jednotlivých odrůd patří viskozita, extrakt, množství dusíkatých látek a Kolbachovo číslo (Basařová et al., 2015).

Protože je pro pšenici typický rychlejší příjem vody, je velmi citlivá na přemočení, při kterém dochází k praskání zrna. Je proto vhodné přikrápění (Klusáček, 2015). Stupeň domočení je do 43 % (Kosař, Procházka, 2012). Výmáčka musí probíhat, co nejrychleji a při klíčení se používá nižší teplota (Klusáček, 2015). Ke konci je teplota zvyšována na 17–20 °C (Basařová et al., 2015). Klíčení se zkracuje na 3–4 dny. Při hvozdění se předsušuje při nižší teplotě (Klusáček, 2015). Sušicí fáze začíná při 40 °C a končí při teplotě 60 °C. U světlých sladů se používá dotahovací teplota 80 °C. Tmavé slady se dotahují při teplotách v rozmezí 100–110 °C. K tomu, aby bylo dosaženo typických sensorických vlastností piva, je důležitý nižší stupeň degradace bílkovin.

U světlých pšeničných sladů je barva sladiny v rozmezí 3–4 jednotky EBC, u tmavých sladů je to 15–17 jednotek EBC (Basařová et al., 2015).



Obrázek č. 5: Světlý pšeničný slad (Klusáček, 2015)

Pšeničná piva jsou vyráběna jen částečně nebo zcela z pšeničného sladu. Jejich podíl má vliv na chuť, barvu a čirost piva (Hasík, 2013). Je pro ně charakteristické svrchní kvašení při relativně vysokých teplotách. Pro mnohá piva je typická chuť po hřebíčku, což je zapříčiněno tvorbou kvasinkových metabolitů během fermentace (Boulton, Quain, 2001). Jedná se zejména o 4-vinylfenol a 2-methoxy-4-vinylfenol. U spodně kvašených piv jsou tyto příchutě nežádoucí. Naopak u pšeničných piv se hledají možnosti, jak pomocí genových úprav kvasničných kmenů obsah těchto látek navýšit. Typický zákal pšeničných piv způsobují pšeničné bílkoviny. Obvykle bývá požadován silný a stabilní zákal, který lze ovlivnit sladováním pšenice. Bílkoviny mají dále pozitivní vliv na stabilitu pěny (Basařová et al., 2015).

Piva, do kterých jsou přidávány pšeničné slady, se nejvíce vyrábějí zejména na jihu Německa. Vzhledem k tomu, že se pšeničné pivo těší čím dál větší oblibě a jeho produkce se za posledních 20 let téměř zdvojnásobila, je kladen větší důraz na provádění výzkumů na pšenici pro sladařství a pivovarnictví. Hledají se nové odrůdy, které vyhovují požadavkům na sladovnický a varní proces (Faltermaier, 2014).

3.4.10 Ovesné slady

Oves je obilovina, která má z hlediska výživy velmi příznivé vlastnosti pro lidský organismus. Výhodou je to, že je vhodný i pro lidi, kteří trpí celiakií (Klose, 2011).

Na kvalitu ovesného sladu mají vliv zejména doby a teploty při klíčení. Doba klíčení ovlivňuje převážně aktivitu α - a β -amylasy a proteasy. V ječmeni se β -amylasa tvoří ve vázané formě již před sklizní a při klíčení se uvolňuje díky činnosti proteasy. Naopak v ovsu se tvoří až během jeho klíčení (Basařová et al., 2015). Nevýhodou je, že ovesné obilky obsahují značné množství oleje, což působí nepříznivě na vznik pěny (Verhoef, 2003).

Byly provedeny studie, které prokázaly, že sladováním ovsa vzniká slad, který je vhodný pro vaření piva až se 100% obsahem tohoto sladu. Pivo pak bylo srovnatelné s pivem vyrobeným z ječného sladu. Fermentace u obou sladů probíhaly obdobně. Při použití ovesného sladu se naskytly rozdíly ve vyšším pH a nižším obsahu alkoholu. Jelikož oves obsahuje vyšší podíl plev, obsah extraktu v mladině byl nižší než u ječného sladu (Klose et al., 2011).

Oves je také možné používat v nesladované formě. Jeho přídavek v průběhu výroby mladiny měl za následek významné změny fyzikálně-chemických vlastností.

Nesladovaný oves způsobil zvýšení viskozity mladiny, přispěl ke snížení koncentrace vyšších alkoholů a esterů a také měl vliv na snížení obsahu ethanolu (Kordialik - Bogacka, Bogdan, Diowks, 2014). Vaření s vysokým množstvím nesladovaného ovsa se ukázalo jako úspěšné, navzdory vysokému obsahu β -glukanů, lipidů a proteinů. Při používání ovsa je důležité brát zřetel na jeho kultivary, neboť různé kultivary mají odlišný vliv na zpracovatelnost rmutu a mladiny (Schnitzenbaumer, Arendt, 2013).



Obrázek č. 6: Ovesný slad (Northern brewer, 2015)

3.4.11 Žitné slady

Používání žitných sladů v pivovarnictví není příliš časté. Obvykle se pivo s přídavkem žitného sladu vaří pouze v minipivovarech. Minipivovary často používají žitný slad pro výrobu piva v množství 10–20 %.

Je důležité brát v úvahu, že žito je obilovina se silnějším aroma. Vyšší podíly by navíc mohly při vaření způsobovat komplikace. Žito obsahuje také vyšší množství β -glukanů, což může způsobovat potíže při filtraci.

I když byly vyšlechtěny speciální hybridy žita, určené pro výrobu sladu, je stále proces sladování složitý. Čištění zařízení je obtížné a časově náročné.

Jelikož žito přijímá vodu rychleji, je nutné zkrátit proces máčení. Doba máčení by měla být přibližně o třetinu kratší, než u ječmene.

Žitný slad dodává pivu výrazné aroma (Hayden, 1993).

Studie z roku 2010 se zabývala vlivem délky a teploty klíčení na kvalitu žitného sladu. Díky dlouhé době klíčení se zvýšila aktivita amylolytických a proteolytických

enzymů. Obsah celkového a rozpustného dusíku byl také významně ovlivněn různými podmínkami během klíčení. Větší obsah volného aminodusíku měla mladina, která byla připravena z žitného sladu s delší dobou klíčení. V rámci této studie bylo zjištěno, že pro získání kvalitního žitného sladu je vhodná doba klíčení 144 hodin při teplotě 10 °C (Hübner, 2010).

Tabulka č. 2: Nabídka žitných sladů společnosti Weyermann (Weyermann malt, 2015)

	Barva [EBC]	Použití	Přídavek	Výsledek
Žitný slad	3–8	speciální piva, vícezrnná piva, žitná piva	50 %	typické aroma žitného sladu
CARARYE®	150–200	svrchně kvašená piva	až 15%	zintenzivnění aroma žitného sladu
Žitný pražený slad	500–800	svrchně kvašená speciální piva	1–5 %	zintenzivnění typického aroma a barvy tmavých svrchně kvašených piv



Obrázek č. 7: Žitný slad (Klusáček, 2015)

3.4.12 Tritikalové slady

Výchozí surovinou pro jejich výrobu je triticales, které vzniklo křížením pšenice a žita. Tyto slady mají vyšší obsah proteinů i vyšší barvu. Aby bylo dosaženo optimální enzymové aktivity, je důležité volit rozdílný postup sladování s nižšími teplotami při klíčení i hvozdění, než jak je tomu u běžného sladu (Basařová at al., 2015).

4 MATERIÁL A METODIKA

V rámci praktické části své bakalářské práce jsem ověřovala možnost užití speciálních sladů při výrobě piva. Pro vaření piva byl použit pšeničný slad. Vaření probíhalo v minipivovaru pivovaru Litovel.

4.1 Materiál

K výrobě piva byl použit pšeničný slad v kombinaci se sladem ječným. Chmelilo se chmelem odrůdy Žatecký poloraný červeňák a Saphir. Pro kvašení byly zvoleny kvasinky svrchního kvašení.

Varní soupravu zhotovila firma PIVO Praha s. r. o. Objem varny činí 260 l a je vyrobena z mědi.



Obrázek č. 8: Minipivovar pivovaru Litovel (PIVO Praha, 2014)

4.2 Metodika

Výroba piva probíhala klasickým dekokčním způsobem. Bylo použito 50 % pšeničného sladu a 50 % ječného sladu.

Postup výroby piva:

- V prvním kroku byl připraven slad na šrotování. Naváženo bylo 21 kg pšeničného sladu a 21 kg ječného. Celkem tedy 42 kg sladu.
- Následně byly slady pošrotovány na šrotovníku.

- Dalším krokem bylo vystření sladu do vody. Objem vody byl 180 l. Teplota vystírací vody byla 37 °C.
- Průběh rmutování:
 - 37 °C – 15 minut
 - 55 °C – 15 minut
 - 62 °C – 30 minut
 - 72 °C – 35 minut
 - 78 °C – 10 minut
- Dále probíhalo scezování.
- Vyslazování.
- Vzniklá sladina se následně vařila s chmelem. Chmelovar trval 90 minut. Chmelení probíhalo natřikrát. Na začátku varu bylo přidáno 80 g chmele Žatecký poloraný červeňák. Po 20 minutách 170 g Žateckého poloraného červeňáku a po uplynutí 50 minut byl přidán chmel typu Saphir.
- Mladina byla promíchána a ochlazená. Následovalo usazování kalů na dně.
- Mladina byla přečerpána do kvasné nádoby.
- Následně byly přidány kvasinky svrchního kvašení.
- Hlavní kvašení probíhalo 1 týden při teplotě 15 °C.
- Dokvašování trvalo 6 týdnů při teplotě 5 °C.

5 VÝSLEDKY A DISKUSE

Výsledkem vaření bylo 12° pivo. To znamená, že v původní mladině před zakvašením bylo obsaženo 12 % extraktu.

Tabulka č. 3: Senzorické hodnocení pšeničného piva

barva	světlá, pšeničná
čirost	nízká
kal	charakteristicky vysoký
pěna	hutná
říz	charakteristický pro pšeničné pivo
hořkost	nízká
chuť	mírně kyselá, ovocná
nežádoucí chutě	bez nežádoucích chutí

Pivo mělo světlou barvu a typický zákal, který se vyskytuje u pšeničných piv. Ten je způsoben pšeničnými bílkovinami. Pěna byla hutná a stabilní. Chuť piva byla mírně kyselá a ovocná, což způsobují metabolity kvasinek během fermentace. Jsou to zejména 4-vinylfenol a 2-methoxy-4-vinylfenol. V pivu se nevyskytovaly žádné nežádoucí chutě.

6 ZÁVĚR

Nejvýznamnější surovinou pro výrobu sladu je sladovnický ječmen. V České republice je ke sladování používán ječmen jarní dvouřadý, níci. Sladařská kvalita ječmene je hodnocena pomocí tzv. „Ukazatele sladovnické jakosti“, který zahrnuje tyto znaky: obsah dusíkatých látek, obsah extraktu v sušině sladu, relativní extrakt při 45 °C, Kolbachovo číslo, diastatickou mohutnost, dosažitelný stupeň prokvašení, friabilitu a obsah β -glukanů ve sladině.

Výroba sladu probíhá ve třech základních operacích, a to je: máčení, klíčení, hvozďení. Sladovací proces je upravován na základě vlastností výchozí suroviny a podle druhu vyráběného sladu.

V současné době je při máčení ječmene nejpoužívanější tzv. technologie vzdušného máčení, kdy je zrna nejprve pod vodou a pak následuje vzdušná přestávka. Mezi další postupy patří záplavové, opakované, sprchové a klasické máčení.

Klíčení může probíhat na humnech nebo v moderních pneumatických systémech. Humnové slady jsou považovány za velmi kvalitní, bývají méně poškozeny a výtěžnost sladování je vysoká. Mezi moderní zařízení patří bubnová, skříňová a věžová klíčidla.

Poslední fází výroby sladu je hvozďení. Hvozďení sladu probíhá na hvozdech. Existuje jich několik typů, které se dělí podle řady hledisek. V současnosti jsou uplatňovány zdvojené vysokoúčinné jednodískové hvozdy, které umožňují samostatné nebo společné užití jednodískových hvozďů s výraznou úsporou tepla. Teploty při hvozďení jsou upravovány a voleny podle druhu vyráběného sladu.

Mezi slady běžných typů patří světlý slad plzeňského typu, tmavý slad bavorského typu a vídeňský slad. Úpravou sladovacího procesu se z běžných sladů vyrábějí slady speciální. Jsou to slady karamelové, barvící, nakuřované, melanoidinové, diastatické, proteolytické, krátké a slady zvyšující redoxní kapacitu piva.

Ve své práci jsem se zaměřila na slady vyrobené z netradičních obilovin, protože k výrobě sladu nemusí být používán jen ječmen.

V poslední době je velmi oblíbená výroba piva z pšeničného sladu. Vhodnost pšenice pro výrobu sladu je hodnocena na základě obsahu škrobu a bílkovin, důležitý je také poměr mezi obsahem amylosy a amylopektinu. Protože oblíbenost pšeničných piv stoupá, je kladen větší důraz na provádění výzkumů na pšenici pro sladařství

a pivovarnictví. Další obilovinou, která se může přidávat do sypání při výrobě piva, je oves. Kvalitu ovesného sladu ovlivňují obzvláště doby a teploty při klíčení. Byly provedeny studie, které prokázaly, že sladováním ovsa vzniká slad, který je vhodný pro vaření piva až se 100% obsahem tohoto sladu. Piva jsou vyráběna také s přídavkem sladu žitného. Při výrobě žitného sladu by měla být doba máčení asi o třetinu kratší, než u ječmene. Studie z roku 2010 zjistila, že pro získání kvalitního žitného sladu je vhodná doba klíčení 144 hodin při teplotě 10 °C. Použití žitného sladu dodává pivu výrazné aroma, přidává se v množství 10–20 %. Tritikalové slady mají vyšší obsah proteinů i vyšší barvu. Aby bylo dosaženo optimální enzymové aktivity, je důležité volit rozdílný postup sladování s nižšími teplotami při klíčení i hvozdění, než jak je tomu u běžného sladu.

V praktické části jsem ověřovala možnost aplikace speciálních sladů při výrobě piva. Vaření probíhalo v minipivovaru pivovaru Litovel. K výrobě piva bylo použito 50 % pšeničného sladu a 50 % sladu ječného. Chmelilo se chmelem odrůdy Žatecký poloraný červeňák a Saphir. Pro kvašení byly zvoleny kvasinky svrchního kvašení, které jsou typické pro pšeničná piva. Výsledkem bylo 12° pivo, které mělo světlou barvu a charakteristický zákal. Chuť byla mírně kyselá a ovocná. Nebyly přítomny žádné nežádoucí chutě.

7 PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY

- BAMFORTH, Charles, 2003: *Beer: tap into the art and science of brewing*. 2. vyd. New York: Oxford University Press, 233 s. ISBN 0-19-515479-7.
- BASAŘOVÁ, Gabriela a Jaroslav ČEPIČKA, 1985: *Sladařství a pivovarství*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 256 s.
- BASAŘOVÁ, Gabriela et al., 2010: *Pivovarství: teorie a praxe výroby piva*. 1. vyd. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 863 s. ISBN 978-80-7080-734-7.
- BASAŘOVÁ, Gabriela et al., 2015: *Sladařství: teorie a praxe výroby sladu*. 1. vyd. Praha: Havlíček Brain Team, 626 s. ISBN 978-80-87109-47-2.
- BOULTON Chris a David QUAIN, 2001: *Brewing yeast and fermentation*. 1. vyd. Oxford: Blackwell Science, 644 s. ISBN 0632054751.
- BRIGGS, Dennis E., 1998: *Malts and malting*. 1. vyd. . New York: Blackie Academic, 796 s. ISBN 0412298007-.
- ČSN 46 1100 - 5, 2005: *Obiloviny potravinářské: Ječmen sladovnický. Část 5* Praha: Český normalizační institut.
- DOSTÁLEK, Pavel, 2012: Sladařství. In: DOSTÁLEK, Pavel, Karel Melzoch a Michal Voldřich. *Přehled tradičních potravinářských výrob: technologie potravin*. 1. vyd. Ostrava: Key Publishing, s. 341 - 351. ISBN 978-80-7418-145-0.
- DOSTÁLEK, Pavel, 2013: *Sladařství: sylabus k předmětu* [online]. Praha: Vysoká škola chemicko - technologická v Praze [vid. 2015 - 3 -15]. Dostupné z: <http://www.vscht.cz/kch/download/sylaby/sladarstvi.pdf>.
- DRÁB, Štefan et al., 2013: Závislost kvality sladu na odrode a ročníku. *Kvasný průmysl* [online]. 59 (7-8). s. 181-189 [vid. 2015-04-01]. ISSN ISSN 0023-5830. Dostupné z: <http://www.kvasnyprumysl.cz/cz/journal/2013/7-8/>.

DUDÁŠ, František a Miloš PELIKÁN, 1987: *Využití produktů rostlinné výroby: návody do cvičení*. 1. vyd. Brno: Vysoká škola zemědělská, 174 s.

FALTERMAIER, Andrea et al., 2014: Common wheat (*Triticum aestivum* L.) and its use as a brewing cereal - a review. *Journal of the Institute of Brewing* [online]. s. 1-15 [vid. 2015-03-28]. Dostupné z DOI: 10.1002/jib.107.

GUO, M. et al., 2013: Effects of wheat protein compositions on malt quality. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods* [online]. s. 73-80 [cit. 2015-03-28]. Dostupné z DOI: 10.3920/qas2013.0247.

HARTMAN, Ivo et al., 2010: Vztah mezi obsahem škrobu v ječmeni a extraktem sladu. *Kvasný průmysl* [online]. 56 (11-12). s. 423-427 [vid. 2015-04-01]. ISSN 0023-5830. Dostupné z: <http://www.kvasnyprumysl.cz/cz/journal/2010/>.

HASÍK, Tomáš, 2013: *Svět piva a piva světa*. 1. vyd. Praha: Grada, 125 s. ISBN 978-80-247-4648-7.

HAYDEN, Rosannah, 1993: *Brewing with Rye* [online]. [vid. 2015-03-12]. Dostupné z: <http://morebeer.com/brewingtechniques/library/backissues/issue1.3/hayden.html>.

HLAVÁČEK, František a Alois LHOTSKÝ, 1966: *Pivovarství*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 483 s.

HUTKINS, Robert W, 2006: *Microbiology and technology of fermented foods*. 1. vyd. Ames, Iowa: Blackwell Pub, 473 s. ISBN 0-8138-0018-8.

HÜBNER, Florian et al., 2010: Influence of germination time and temperature on the properties of rye malt and rye malt based worts. *Journal of Cereal Science* [online]. Vol. 52, s. 72-79 [vid. 2015-03-02]. Dostupné z DOI: 10.1016/j.jcs.2010.03.005.

JELÍNEK, Lukáš et al., 2013: Vliv kyselého máčení na technologické parametry sladu. *Kvasný průmysl* [online]. 59 (10-11). s. 288-291 [vid. 2015-04-01]. ISSN 0023-5830. Dostupné z: <http://www.kvasnyprumysl.cz/cz/journal/2013/10-11/>.

KLOSE, Christina et al., 2011: Brewing with 100% Oat Malt. *Journal of the Institute of Brewing* [online]. s. 411-421 [vid. 2015-03-28]. Dostupné z DOI: 10.1002/j.2050-0416.2011.tb00487.x.

KLUSÁČEK, Karel, 2015: *Pšeničný slad* [online]. Kounice u Českého Brodu [vid. 2015 - 03 - 28]. Dostupné z: <http://sladovnakounice.cz/index.php?page=97&subpage=true>.

KORDIALIK-BOGACKA, Edyta, Paulina BOGDAN a Anna DIOWKSZ, 2014: Malted and unmalted oats in brewing. *Journal of the Institute of Brewing* [online]. [vid. 2015-03-28]. Dostupné z DOI: 10.1002/jib.178.

KOSAŘ, Karel a Stanislav PROCHÁZKA, 2012: *Technologie výroby sladu a piva*. 3. vyd., 2. na CD-ROM. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský. ISBN 978-80-86576-52-7.

KOZA, Oldřich, 2012: *Technologie výroby sladu: Učební texty pro studenty 4. ročníku SPŠPT*. Praha: VOŠES a SPŠPT, 180 s.

NORTHERN BREWER, 2015: *Homebrew supply* [online]. [vid. 2015-04-03]. Dostupné z: <http://www.northernbrewer.com/shop/fawcett-oat-malt.html>.

PALMER, Geoffrey H., 2006: Barley and malt. In: PRIEST, Fergus G. a Graham G. STEWART. *Handbook of brewing*. Hoboken: CRS Press, s. 139 - 158 [vid. 2015 - 03 - 28]. eISBN 978-1-4200-1517-1. Dostupné z: <http://www.crcnetbase.com/isbn/978-0-8247-2657-7>.

PELIKÁN, Miloš, Drahomír MÍŠA a František DUDÁŠ, 2002: *Technologie kvasného průmyslu*. 2. nezm. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 129 s. ISBN 80-7157-578-x.

PIVO PRAHA, 2014: *Brew engineering and consulting* [online]. [vid. 2015-04-04]. Dostupné z: <http://www.pivopraha.cz/fotogalerie/>.

PROKEŠ, Josef, 2000: Technologický význam dusíkatých látek v ječmeni a sladu. *Kvasný průmysl* [online]. 46 (10). s 277-279 [vid. 2015-04-01]. ISSN 0023-5830. Dostupné z: <http://www.kvasnyprumysl.cz/cz/journal/2000/10/>.

RYŠKA, Karel, 2010: *Technologická kvalita vybraných historických odrůd ječmene* [online]. Bakalářská práce. Brno: Mendelova univerzita v Brně. 48 s. [vid. 2015-04-07]. Dostupné z: http://is.mendelu.cz/zp/portal_zp.pl?prehled=vyhledavani;podrobnosti=44131;zp=25704;download_prace=1.

SCHNITZENBAUMER, Birgit a Elke K. ARENDT, 2013: A comparative study of oat (*Avena sativa*) cultivars as brewing adjuncts. *European Food Research and Technology* [online]. s. 1015-1025 [vid. 2015-03-28]. Dostupné z DOI: 10.1007/s00217-013-1965-2.

VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ, 2009: *Chemie potravin I. Rozš. a přeprac.* 3. vyd. Tábor: OSSIS, 580 s. ISBN 978-80-86659-17-6.

VERHOEF, Berry, 2003: *Velká encyklopedie piva.* 1. vyd. Čestlice: Rebo Productions, 447 s. ISBN 80-7234-283-5.

WEYERMANN MALT, 2015: *Weyermann® Specialty Malting Company* [online]. [vid. 2015-03-02]. Dostupné z: <http://www.weyermann.de/cz/produkte.asp?idkat=151&umenu=yes&idmenu=240&sprache=13>.

ZAVŘELOVÁ, Marta, 2014: Složení zrna ječmene z hlediska potravinářského využití. *Kvasný průmysl* [online]. 60 (5). s 127-130 [vid. 2015-04-01]. ISSN 0023-5830. Dostupné z: <http://www.kvasnyprumysl.cz/cz/journal/2014/5/>.

ZIMOLKA, Josef, 2000: *Speciální produkce rostlinná - rostlinná výroba: polní a zahradní plodiny, základy pícninářství.* 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 245 s. ISBN 80-7157-451.

8 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázek č. 1: Schéma výroby sladu (Koza, 2012)

Obrázek č. 2 : Kónický náduvník firmy Bühler (Koza, 2012)

Obrázek č. 3: Humnová sladovna - Sladovna Bruntál (Koza, 2012)

Obrázek č. 4: Saladinova skříň firmy Seeger (Kosař, Procházka, 2012)

Obrázek č. 5: Světlý pšeničný slad (Klusáček, 2015)

Obrázek č. 6: Ovesný slad (Northern brewer)

Obrázek č. 7: Žitný slad (Klusáček, 2015)

Obrázek č. 8: Minipivovar pivovaru Litovel (PIVO Praha, 2014)

Tabulka č. 1: Základní hodnoty jakostních ukazatelů dle normy ČSN 46 1100 - 5 (ČSN, 2005)

Tabulka č. 2: Nabídka žitných sladů společnosti Weyermann (Weyermann malt, 2015)

Tabulka č. 3: Senzorické hodnocení pšeničného piva