

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

BRNO 2015

Bc. IVA ROTREKLOVÁ



**Technologie výroby speciálních sladů určených pro výrobu
piva**
Diplomová práce

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

Vypracovala:
Bc. Iva Rotreklová

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci:.....

.....vypracoval/a 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 vědom/a, 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 vedoucímu své diplomové práce Ing. Tomáši Gregorovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a připomínky při jejím vypracování, a také za čas věnovaný konzultacím.

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá technologií výroby speciálních sladů, které jsou určeny pro výrobu piva. Literární přehled je zaměřen na teorii výroby sladu a možnosti výroby speciálních sladů z obilovin, jako je pšenice, oves, žito nebo kukuřice, které je možno následně využít k výrobě piva. Pro experimentální část byly vybrány některé druhy obilovin, ze kterých byl v mikroskladovně vyroben slad. Tyto slady se poté využívaly k laboratorní přípravě piva, a to v poměru 50 % speciální slad a 50 % ječný slad. Na obilní mase i na získaném sladu byly provedeny základní rozborů (HTZ, objemová hmotnost, sklovitost a extrakt). Vyrobené pivo bylo analyzováno pomocí přístroje FermentoFlash (obsah alkoholu, skutečný a zdánlivý extrakt, stupňovitost, relativní hustota a osmotický tlak) a u každého vzorku byla stanovena hodnota pH. Nakonec byla provedena senzorická analýza, u které bylo nejlépe vyhodnoceno kukuřičné a ovesné pivo. Naopak nejhůře v hodnocení dopadla piva pšeničná.

Klíčová slova: speciální slady, výroba sladů, pivo, technologie

ABSTRACT

This thesis deals with technology of special malts production that are designed for the beer production. Literature review focuses on the theory of malt production and the possibility of special malts production from cereals such as wheat, oat, rye or corn, that can be subsequently used for beer production. Several kinds of cereals were chosen for the experimental part of the thesis and malts were made from these cereals. The malts were used for the laboratory preparation of beer in a ratio of 50% of special malt and 50% of barley malt. Basic analysis were performed for the cereals and also for prepared malts (TGW, density, glassiness and extract). The brewed beer was analyzed using the FermentoFlash (alcohol content, real and apparent extract, original wort, relative density and osmotic pressure) and pH values were measured too. Finally, sensory analysis were performed. The best evaluated samples were corn and oat beer. Wheat beer got the worst evaluation.

Key words: special malts, malt production, beer, technology

OBSAH

1	ÚVOD	8
2	CÍL PRÁCE	9
3	LITERÁRNÍ PŘEHLED	10
3.1	Kritéria sladu.....	10
3.1.1	Hmotnost tisíce zrn (HTZ).....	10
3.1.2	Objemová hmotnost.....	10
3.1.3	Hustota.....	11
3.1.4	Moučnatost a sklovitost.....	11
3.1.5	Křehkost.....	11
3.1.6	Viskozita a filtrovatelnost sladiny.....	12
3.1.7	Hodnota pH.....	12
3.2	Technologie výroby sladu.....	13
3.2.1	Příjem, čištění a třídění ječmene.....	13
3.2.2	Máčení.....	14
3.2.3	Klíčení.....	15
3.2.4	Hvozďení.....	17
3.3	Speciální slady.....	20
3.3.1	Karamelové slady.....	20
3.3.2	Barvicí slady.....	21
3.3.3	Nakuřované slady.....	22
3.3.4	Diastatické slady.....	22
3.3.5	Melanoidinové slady.....	22
3.3.6	Proteolytické (kyselé) slady.....	23
3.3.7	Slady zvyšující redoxní kapacitu.....	23
3.3.8	Krátké slady.....	23
3.3.9	Tritikalový slad.....	23
3.4	Obiloviny pro výrobu sladu.....	24
3.4.1	Ječmen.....	24
3.4.2	Pšenice.....	25
3.4.3	Oves.....	27
3.4.4	Žito.....	28
3.4.5	Kukuřice.....	29
4	MATERIÁL A METODIKA	31
4.1	Použité suroviny.....	31
4.1.1	Obiloviny.....	31

4.1.2	Chmely	33
4.1.3	Kvasnice	34
4.2	Parametry zrna a sladu	35
4.2.1	Hmotnost tisíce zrn (HTZ)	35
4.2.2	Objemová hmotnost.....	35
4.2.3	Moučnatost a sklovitost.....	35
4.2.4	Stanovení extraktu	35
4.3	Výroba sladu	36
4.3.1	Zařízení mikroskladovny.....	36
4.3.2	Máčení	37
4.3.3	Klíčení	39
4.3.4	Hvozdění.....	40
4.3.5	Odkličování	40
4.4	Výroba piva.....	41
4.5	Chemická analýza	43
4.5.1	FermentoFlash	43
4.5.2	Stanovení pH	44
4.6	Senzorická analýza.....	45
5	VÝSLEDKY A DISKUZE.....	47
5.1	Vyhodnocení parametrů zrn a sladů.....	47
5.2	Vyhodnocení chemické analýzy	49
5.3	Vyhodnocení senzorické analýzy.....	50
6	ZÁVĚR.....	55
7	PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY.....	57
8	SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ	63
9	SEZNAM TABULEK	64
10	PŘÍLOHY	65

1 ÚVOD

V České republice je pivo nejčastěji konzumovaný alkoholický nápoj, považovaný za jeden ze symbolů a od roku 2008 je název České pivo chráněn zeměpisným označením. Vyrábí se z obilného sladu, chmele, vody a za pomoci pivovarských kvasnic. Původ sladařství a pivovarnictví sahá až do starověku, kde se první zmínky o výrobě piva datují do 7. tisíciletí před naším letopočtem. Historicky můžeme také doložit, že znalost vaření piva byla známá v Číně, Egyptě, Řecku, v Galii, ale také mezi Slovany, Židy i Germány. První záznamy o výrobě piva v českých zemích se objevují v listinách z 11. a 12. století, které pojednávají o pěstování chmele, o sladu, pivu, poplatcích z várek a dokonce i o vývozu piva. (Kosař et al. 2000)

Jednou z hlavních surovin pro výrobu piva je právě slad. Jedná se o naklíčené a usušené obilné zrno, které má vliv na výslednou chuť, vůni nebo také barvu piva. V dnešní době je u nás převládající surovinou pro výrobu sladu ječmen. Je však možné slad připravovat i z jiných obilovin jako je pšenice, oves, žito, triticales, kukuřice, pohanka a jiné. Do konce 18. století na našem území převládala výroba piva právě z pšeničných sladů, ze kterých se vařila svrchně kvašená bílá piva. Pro speciální piva se využíval i oves setý, jeho používání ovšem vymizelo v 17. století. Díky reformátorovi pivovarství Františku Ondřeji Poupěti, který razil zásadu „pšenice na koláče, oves koňům a ječmen na pivo“, převládá od 18. století v českých zemích výroba piva z ječného sladu. (Basařová 2010)

Dříve si slady pro svou potřebu vyráběly samy pivovary. S nástupem průmyslové výroby byly zakládány samostatné obchodní sladovny, které prodávaly slad menším pivovarům nebo ho vyvážely do celého světa. Výroba sladu má tři hlavní kroky – máčení, klíčení a hvozdní. Při výrobě sladů z různých obilovin je potřeba upravit technologii každé na míru. Je třeba vybírat kvalitní obiloviny, které splňují určité parametry. Pro výrobu kvalitního piva je také důležité používat partie sladu připravené z jedné odrůdy, případně ze dvou, ale geneticky podobných.

2 CÍL PRÁCE

Cílem této diplomové práce na téma Technologie výroby speciálních sladů určených pro výrobu piva je:

1. Vypracovat literární rešerši o problematice výroby sladů z různých druhů obilovin a možnosti jejich využití při výrobě piva.
2. Realizace výroby speciálních sladů v mikroskladovně z obilovin jako je ječmen, pšenice, oves, žito a kukuřice.
3. Provedení základních rozborů u obilovin a vyrobených sladů.
4. Výroba speciálních piv ze získaných sladů v laboratoři.
5. Provedení analytických rozborů všech vyrobených vzorků piv pomocí přístroje FermentoFlash, stanovení hodnoty pH a vyhodnocení získaných dat.
6. Senzorická analýza a zpracování výsledků.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Kritéria sladu

Slad, jako jedna ze základních surovin určených k výrobě piva, významně ovlivňuje nejen průběh technologie výroby piva, ale také jeho základní fyzikálně-chemické, biochemické či organoleptické vlastnosti. Kvalita sladu má vliv na oxidačně-redukční potenciál piva, jeho koloidní a senzoričnou stabilitu. Proto je kladen důraz především na správný výběr odrůdy, kvalitu zrna, skladovací podmínky a v úvahu se také berou schopnosti a vybavení sladaře. (Basařová 2010, Dornbusch 2010)

3.1.1 Hmotnost tisíce zrn (HTZ)

Hmotnost tisíce zrn je funkcí tvaru a hustoty obilky, tento parametr stanovujeme jak u zrna, tak u sladu. Vyjadřuje se v gramech suché hmoty. Například u ječmene se HTZ pohybuje v rozmezí 38–42 g v sušině. Čím je tato hodnota vyšší, tím jsou zrna větší a těžší. U správně rozluštěného sladu by měla být hodnota HTZ nižší, a to v rozmezí 30–38 g v sušině. Hmotnost tisíce zrn je jedním z faktorů, podle kterého můžeme předpovědět extrakt ječmene. (Basařová 2010, Psota et al. 2006)

3.1.2 Objemová hmotnost

Objemovou hmotnost můžeme definovat jako podíl hmotnosti a objemu, který se stanoví pomocí speciální objemové čtvrtlitrové nebo litrové váhy. Dříve se také označovala jako hektolitrová váha nebo hmotnost, tj. hmotnost hektolitrů zrn ječmene v kg. Tento parametr souvisí s velikostí, tvarem a hmotností zrna a můžeme podle něj usuzovat, zda je zrno vhodné ke sladování. Čím zrna obsahují vyšší podíl endospermu a méně obalových vrstev, tím mají vyšší objemovou hmotnost. Z rozdílu mezi objemovou hmotností ječmene (72–74 kg) a sladu (54–60 kg u světlého sladu) můžeme orientačně zjistit stupeň rozluštění sladu. (Psota et al. 2006)

3.1.3 Hustota

Tento parametr stanovujeme pomocí flotačního testu, který využívá rozdílnou hustotu moučnatých a sklovitých zrn. Použitím solného roztoku o známé hustotě můžeme oddělit jednotlivá zrna. Moučnatá zrna s lepším rozluštěním struktur mají nižší hustotu. Výsledky flotačního testu se vyjadřují pomocí flotačního indexu. Lepší sladovnická kvalita se předpokládá u zrn s nižší hustotou. (Basařová 2010)

3.1.4 Moučnatost a sklovitost

Mezi další parametry, které můžeme stanovovat jak u zrn, tak u sladu patří moučnatost a sklovitost endospermu. Moučnatá a křehká zrna se snadno šrotují, při rmutování usnadňují činnost enzymů a extraktivní látky přecházejí rychleji do roztoku. Proto by měl být podíl moučnatých zrn co nejvyšší – u světlých sladů asi 94 %, u tmavých přibližně 96 %. Podíl zcela sklovitých zrn nemá u světlých sladů přesáhnout 3 %. (Basařová 2010)

3.1.5 Křehkost

Křehkost sladu souvisí s odbouráváním buněčných stěn škrobových zrn, která jsou tvořena převážně neškrobovými polysacharidy a bílkovinnými matricemi, má tedy souvislost s jeho rozluštěním. Správně rozluštěná zrna jsou dostatečně křehká a dobře se melou. K hodnocení křehkosti nebo naopak tvrdosti zrna a sladu se využívá mnoho přístrojů např.:

- Vítkův přístroj – Starší typ přístroje, princip měření je založen na stanovení odporu, který zrno klade při přeřezávání nožem.
- Vilikovského přístroj – Obdobný princip jako Vítkův přístroj.
- Chaponův přístroj – Tvrdost zrna se v Chaponově přístroji stanovuje dynamometrem, který je propojený s počítačem, pomocí něhož registruje sílu potřebnou pro perforaci zrna jehlou. (Basařová 2010)
- Friabilimetr – Princip měření friabilimetrem je protlačování sladových zrn sítím za standardních podmínek. Propad rozdrčených zrn sítím se poté zváží. Objem sladu se během měření snižuje, to je vyjádřeno procentuální hodnotou.

Akceptovatelná hodnota je nejméně 75 %, 85 % je považováno za dobrou hodnotu a 95 % je excelentní hodnota. Výhodou tohoto přístroje je také možnost souběžného měření homogenity vzorku. (Dornbusch 2010)

- Sklerometr – Tento přístroj měří sílu, která je potřebná k přestřížení zrna a zároveň stanovuje vlastnosti jednotlivých zrn, proto můžeme současně stanovit i homogenitu. Nevýhodou použití sklerometru je příprava průměrného vzorku, neboť se zkouší poměrně malý počet zrn. (Psota et al. 2006)
- Murbimetr – Pomocí murbimetru se zjišťuje energie vynaložená na propíchnutí sladového zrna jehlami na obou jeho koncích. Embryonální konec zrna sladu je více rozluštěn, a proto je křehčí. K výpočtu křehkosti sladu je potřeba zjistit i křehkost zrna, která se měří pouze jednou jehlou. Tento přístroj také stanovuje vlastnosti jednotlivých zrn, proto můžeme vyhodnotit homogenitu. Nevýhodou murbimetru je fakt, že výsledky získané na dvou přístrojích jsou neporovnatelné, protože stejný vzorek dává u různých přístrojů odlišné výsledky. (Basařová 2010)

3.1.6 Viskozita a filtrovatelnost sladiny

Hodnoty viskozity a filtrovatelnosti patří ke kritériím, které jsou významné pro předpověď technologické vhodnosti sladu k přípravě piva. Mají vliv na scezování sladiny a filtraci piva. Složení zrna ovlivňuje hodnoty těchto parametrů, především obsahem β -glukanů, arabinoxylanů a dalších důležitých neškrobových polysacharidů. Pokud nejsou tyto látky dostatečně degradovány, dochází ke zvýšení viskozity, zhoršení filtrovatelnosti a tvorbě zákalu. (Lu 2006)

3.1.7 Hodnota pH

V dnešní době dochází celosvětově k mírnému zvyšování hodnoty pH sladu nebo kongresní sladiny. Tento jev souvisí se změnou půdního fondu vlivem agrotechnických úprav pěstování obilovin. Obvyklá hodnota se pohybuje v rozmezí pH 5,6 až 6,0. Další zvyšování pH není žádoucí, protože vyšší hodnota pH způsobuje snížení aktivity řady technologicky významných enzymů. (Basařová 2010)

3.2 Technologie výroby sladu

Slad je jednou ze čtyř základních surovin určených k výrobě piva. Můžeme říct, že je zcela nejdůležitějším faktorem, který má vliv na vzhled, barvu, pěnovou korunu, pitelnost, plnost, bouquet i vůni a především chuť piva. Kromě výroby piva se využívá k výrobě sladových nápojů, whisky nebo se z něj připravují sladové výtažky. Tmavé karamelové slady se využívají jako přísady v pekárenském průmyslu, a také při výrobě snídaňových cereálií. (Kosař et al. 2000, Weyermann 2011)

Slady obsahují množství extraktivních látek, které mají vliv na základní fyzikálně-chemické, biochemické a organoleptické vlastnosti piva. Rozeznáváme několik druhů sladů. Základními jsou slady plzeňského typu pro výrobu světlého piva a slady mnichovského typu pro výrobu piva tmavého. Pro výrobu tzv. speciálních piv se používají slady karamelové, barvicí, nakuřované, diastatické aj. (Cejpek 2014)

3.2.1 Příjem, čištění a třídění ječmene

Nákup sladovnického ječmene se provádí na základě dohody mezi dodavatelem a odběratelem. Při převážce se provádí základní rozbory, podle kterých se provádí zatřídění ječmene. Z příjmových košů se zrna dopravují na předčištění, čištění a uložení do sil. K přepravě se nejčastěji využívají elevátory, šnekové dopravníky, dopravní pásy nebo pneumatická doprava.

Po příjmu ječmen odchází nejdříve na předčištění, kde se zbavuje prachu, lehkých a kovových částic. Následuje čištění a třídění podle velikosti zrna, aby byl připraven na další zpracování. Samotný proces čištění probíhá ve dvou stupních. V prvním stupni se na vibrujících sítích odstraní hrubé nečistoty, cizí příměsi a jemné příměsi (pluchy, sláma, prach, písek apod.). Následně se pomocí triéru vyřazují úlomky ječných zrn a kulatá zrna různých plevelů.

Vyčištěný ječmen dále prochází strojem na třídění, kde se rozděluje podle velikosti zrn. Tento proces je důležitý z technologického hlediska a má velký vliv na dosažení jednotného máčení, klíčení a získání homogenního sladu. Rozdělení ječmene podle velikosti zrn:

- I. třída – velikost zrn nad 2,5 mm
- II. třída – velikost zrn 2,2–2,5 mm

- Propad – obsahuje zrna pod 2,2 mm a jiné příměsi, které nebyly odstraněny tříděním (Kosař et al. 2000, Dostálek 2013)

3.2.2 Máčení

Máčení je jedna z nejdůležitějších fází výroby sladu, jejímž cílem je řízeným způsobem zvýšit obsah vody v ječném zrně podle typu vyráběného sladu z 12–15% na 42–48% pro zahájení enzymatických reakcí a pro klíčení zrna. Při únosné spotřebě vody se odstraní splavky a lehké nečistoty, zrna se umyje a vyluhují se z něj nežádoucí látky. Obsah vody, kterého je dosaženo v namočeném ječmeni se nazývá stupeň domočení a liší se podle typu vyráběného sladu.

V průběhu máčení dochází k tzv. vypírání ječmene, při kterém se ze zrna vyluhují barevné a hořké látky, kyselina křemičitá a bílkoviny z pluch. Tyto látky jsou z technologického hlediska nežádoucí, zhoršují senzorické vlastnosti konečného výrobku a podporují tvorbu zákalu piva.

Proces máčení ječmene probíhá v náduvnících (kónický, plochý, Wildův), které by měly být umístěny v blízkosti ječmenných sil, aby byla doprava zrna co nejkratší. Máčírna může být jednodenní, dvoudenní, případně i třídní. Rozlišujeme dva způsoby transportu ječmene z máčírny do klíčidla (na humna) neboli vymáčení ječmene:

- bez vody (suchá vymáčka)
- s vodou (mokrý vymáčka) (Prokeš 2012)

Voda, která se používá k máčení, by měla mít maximální tvrdost do 35 oN a dávat neutrální reakce. Nevhodné jsou vody obsahující velké množství organických látek, sloučenin Fe a Mn. Faktory ovlivňující rychlost příjmu vody ječmenem:

- doba máčení
- teplota vody
- doba odležení ječmene
- pohyb zrna ve vodě
- velikost zrna
- odrůda ječmene a ročník

Technologie máčení:

- vzdušné máčení
- záplavové máčení
- opakované máčení
- sprchové máčení
- klasické máčení

V současnosti se nejvíce využívá vzdušného máčení, které se provádí ve třech krocích (1–3 namočení). Použití technologie vzdušného máčení je nutné při sladování čerstvých, neodleželých ječmenů. Součástí technologie vzdušného máčení je i odsávání vznikajícího oxidu uhličitého během vzdušných přestávek. Na průběh odsávání má vliv teplota vzduchu v máčírně, která nesmí být příliš nízká ani vysoká, ale také délka samotného odsávání CO₂. (Kosař et al. 2000)

3.2.3 Klíčení

Klíčení je druhá hlavní fáze výroby sladu, jejímž cílem je aktivace a syntéza enzymů, dosažení požadovaného rozluštění (vnitřní přeměny) zrna při minimálních nákladech a únosných sladovacích ztrátách. Činností enzymů zrna aktivovaných vodou dochází k odbourávání rezervních látek, které jsou v zrně obsaženy ve stabilní vysokomolekulární formě. Tyto látky se přeměňují na rozpustné nízkomolekulární produkty.

V průběhu klíčení rozlišujeme:

- tvorbu enzymů a přeměnu látek
- růstové změny a projevy růstu (Prokeš 2012)

K nárůstu aktivity enzymů již obsažených v zrně, případně k syntéze nových enzymů, dochází prostřednictvím činnosti rostlinných hormonů (fytormonů), které v aleuronové vrstvě zrna zajišťují tvorbu volných aminokyselin a nových enzymů. Jako první vzniká β -glukanasa, poté α -amylasa a proteasy. Enzym β -amylasa se nevytváří v aleuronové vrstvě, ale vzniká volně v endospermu. Podmínkou tvorby enzymů je zajištění dostatečného množství metabolické energie, kterou získávají oxidačním odbouráváním zásobních látek.

Nejdůležitější skupiny enzymů:

- amylázy – α -amyláza (jako jediná není v zrna obsažena), β -amyláza (odbourává škrob)
- cytolytické enzymy – β -glukanáza, cytasa
- proteolytické enzymy – proteázy – odbourávají bílkoviny
- fosfatázy – enzymy, které uvolňují kyselinu fosforečnou, anorganické fosfáty a estery, čímž se zvyšuje acidita a údržná schopnost zrna

Z hlediska technologie klíčení je posklizňové dozrávání zrna důležité pro požadované rozluštění sladu (v našich podmínkách standardně 6–8 týdnů). Dalším důležitým ukazatelem je chemické složení – zrna s vysokým obsahem dusíkatých látek se obtížněji luští (jsou tvrdší). Obsah bílkovin je tedy základním požadavkem technologické kvality ječmene.

Z hlediska teplotního průběhu klíčení rozeznáváme:

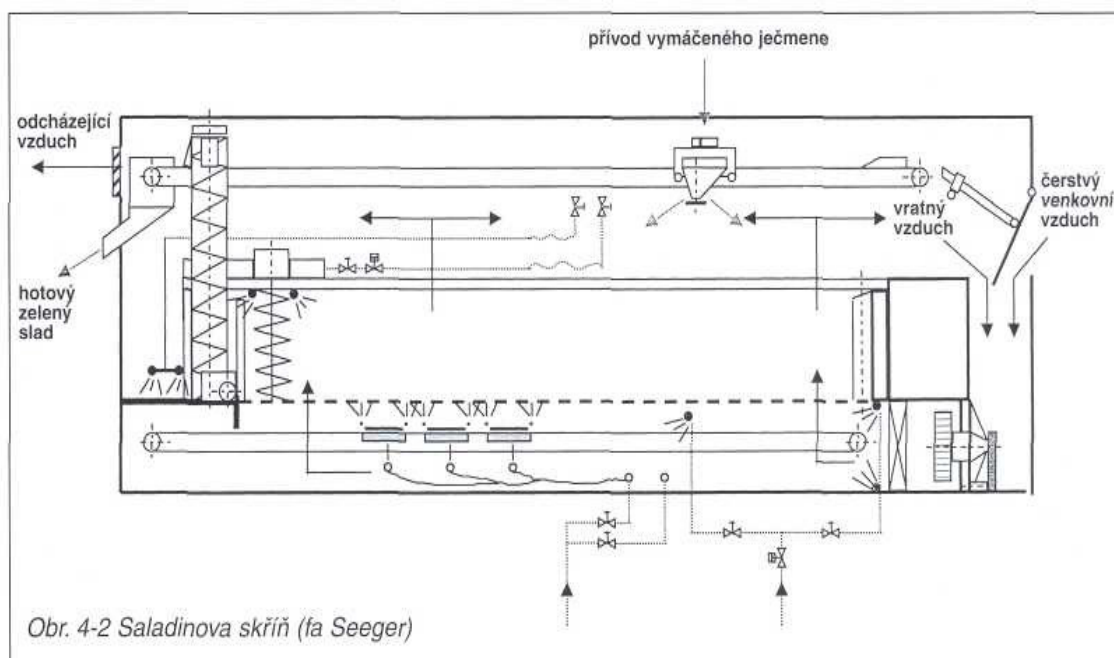
- Klíčení při konstantní teplotě – Teplota je po celou dobu klíčení konstantní (nízká, střední, vysoká), tato technologie je vhodná pro zpracování vysokobílkovinných ječmenů.
- Klíčení při vzestupné teplotě – Teplota se při klíčení zvyšuje denně průměrně o 1 °C. Je to technologie, která odpovídá přirozenému klíčení na humně, není energeticky náročná.
- Klíčení při sestupné teplotě – Teplota se od druhého dne začíná postupně snižovat při současném zvyšování obsahu vody v zrna.
- Klíčení při vzestupně-sestupné teplotě – Technologie, u níž se v první fázi využívá efektu zvyšování teplot pro rychlejší nástup klíčení a ve druhé polovině klíčení se postupným ochlazováním hromady dosáhne přijatelnějších sladovacích ztrát.

Z hlediska hodnot teploty při klíčení rozeznáváme:

- Klíčení studené – při teplotách do 12 °C
- Klíčení při střední teplotě – teplotní rozmezí 14–18 °C
- Klíčení teplé – vyšší teploty, které nepřesahují 22 °C

Použitím nízkých teplot v průběhu klíčení zajistíme pouze malé ztráty dýcháním, ve sladovém květu a při dostatečně dlouhém vedení, případně s vyšším obsahem vody jsou vyráběny slady bohaté na enzymy a extrakt. Tento způsob je ale velmi energeticky náročný. Naopak použití vyšších teplot 18–22 °C je vhodné pro luštění tvrdších a vysokobílkovinných ječmenů a jinak poškozených zrn.

Sladovací zařízení můžeme rozdělit na klasická a pneumatická. Mezi klasické sladovny řadíme humna. Moderní pneumatické systémy můžeme rozdělit na bubnová, skříňová a věžová. Z pneumatických sladovacích zařízení je velmi rozšířená Saladinova skříň viz obr. (Kosař et al. 2000, Prokeš 2012)



Obr.1 Schéma Saladinovy skříně (Dostálek 2013)

3.2.4 Hvozdění

Hvozdění je závěrečná operace výroby sladu, jejímž cílem je převést zelený slad do skladovatelného a stabilního stavu. Dále potom zastavit životní a lušticí pochody v zrna a vytvořit aromatické a barevné látky, charakteristické pro daný druh sladu.

Během hvozdění ve sladu probíhají hluboké fyzikální a chemické změny, které závisí na tom, při kterých teplotách, při jakém obsahu vody a jakou rychlostí dochází k odsoušení vody.

Při hvozdění tak rozlišujeme dvě fáze:

- Fáze předsoušení sladu – V této fázi se u světlých sladů snižuje obsah vody z 40–45 % na 10–12 %, až do tzv. proslápnutí lísky. Teplota vstupujícího vzduchu by měla být maximálně 55 °C.
- Fáze zvyšování teplot a dotahování sladu – Druhá fáze je důležitá pro tvorbu aromatických a barevných látek, které jsou charakteristické pro vyráběný slad. (Kosař et al. 2000, Prokeš 2012)

Z hlediska chemických a biochemických změn můžeme rozlišit tyto tři fáze:

- Růstová fáze – V této fázi má zrno obsah vody nad 20 % a je schopné stále klíčit, teplota do 40 °C.
- Enzymatická fáze – Dochází k zastavení vegetačních procesů, ale enzymové reakce pokračují. Obsah vody klesl pod 20 %, teplota v rozmezí 40–60 °C.
- Chemická fáze – Probíhají chemické reakce, které vedou k tvorbě aromatických a barevných látek. Obsah vody je pod 10 %, teplota se pohybuje nad 60 °C.

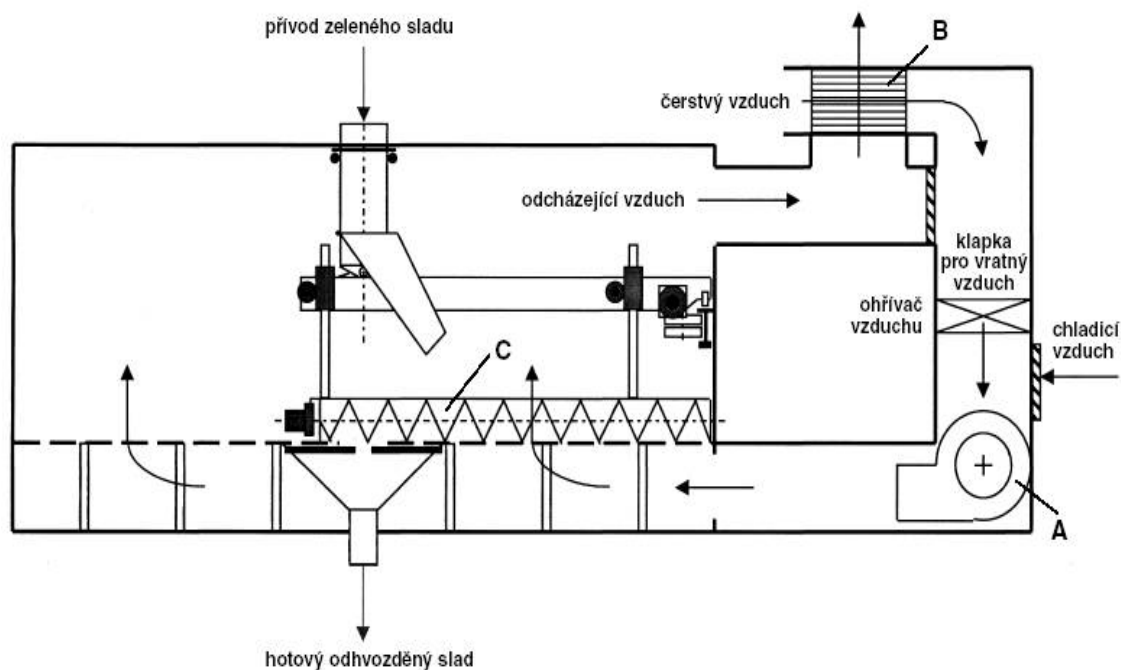
Velmi důležitou reakcí při hvozdění je vznik aromatických (chuťových) a barevných (oxidoredukčních) látek, které tvoří charakter sladu, jeho vůni, chuť, barvu a oxidoredukční schopnosti. Aromatické látky vznikají při vyšších teplotách interakcemi štěpných produktů bílkovin a sacharidů a tyto reakce vedou až k tvorbě melanoidinů (Maillardovy reakce). Mají sladovou aromatickou chuť a vůni, reagují kyselé a vyznačují se oxido-redukčními vlastnostmi. (Dostálek 2013)

Zařízení určené k sušení (hvozdění) zeleného sladu se nazývá hvozd. V dnešní době se ustupuje od vícelískových hvozdů a staví se jedolískové vysokovýkonné hvozdy. Ve světě jsou využívány polokontinuální a kontinuální hvozdy pásové a šachtové.

Nejobvyklejší rozdělení hvozdů:

- Podle uspořádání lísek (horizontální, vertikální)
- Podle počtu a tvaru lísek (jedna, dvě nebo tři lísky, tvar horizontální nebo kruhový)
- Podle zatížení lísek (běžné, normální, vysokovýkonné)
- Podle způsobu a druhu ohřevu (přímý nebo nepřímý ohřev, hvozdy plynové, parní, horkovodní)
- Podle plynulosti pracovního procesu (periodické, polokontinuální, kontinuální) (Dostálek 2013)

Při hvozďení sladů pžeňského typu se klade důraz na omezení nadměrného vzniku barevných a aromatických látek a naopak na zachování enzymové aktivity a křehkosti sladu. Proto je nutné dosáhnout rychlého snížení obsahu vody v zeleném sladu na 10–12 % (při teplotě 55 °C), pozvolné vyhřátí sladu a dotažení sladu při teplotě maximálně 85 °C. Dnes se využívá technologie hvozďení na vysokovýkonných jednolískových hvozdech způsobem 1×18 až 22 hodin. Naopak při hvozďení sladů bavorského typu je cílem vytvořit množství aromatických a barevných látek. V první fázi se pozvolna snižuje obsah vody, zhruba na 30 %, aby byla umožněna činnost enzymům, které se podílí na vzniku melanoidinů. Následně se dotahuje při vyšší teplotě. (Dostálek 2013, Kosař et al. 2000)



Obr. 2 Schéma jednolískového hvozdu s pevnou lískou

A – ventilátor hvozdu, B – tepelný výměník hvozdu, C – zařízení pro nastřeni zeleného sladu a pro vyskladnění hotového sladu (Dostálek 2013)

Hotové slady následně putují na odkličovačku, kde jsou zbaveny kořínků (sladový květ), poškozených zrn a prachu, současně se dochladí, a poté se uskladní do sladových sil. Sladový květ je pro vysoký obsah biologicky aktivních látek vyhledávanou

surovinou v krmivářství a ve fermentačních technologiích. (Dostálek 2013, Kosař et al. 2000)

3.3 Speciální slady

Speciální slady se využívají při výrobě tmavých nebo speciálních piv, popřípadě slouží jako doplněk v jiných odvětvích potravinářského průmyslu. Od běžných sladů se odlišují enzymovou aktivitou, redoxní kapacitou, kyselostí, barvou či vůní. Přídavkem speciálních sladů k běžným sladům se docílí úprava sensorických vlastností (barvy, chuti, vůně) piva, jeho pěnivosti, a také se zvyšuje odolnost k předčasné tvorbě koloidních zákalů. Mezi speciální slady patří slady karamelové, barvicí, nakuřované, diastatické, melanoidinové, proteolytické a slady zvyšující redoxní kapacitu. (Basařová 2010, Slad 2012)



Obr. 3 Příklady některých typů sladů (pivnirecenze.cz)

3.3.1 Karamelové slady

Pro karamelové slady je charakteristický vysoký obsah cukrů, aromatických a barevných látek. Enzymová aktivita je u tohoto typu sladu jen nepatrná nebo ji nemají vůbec, extraktivnost se pohybuje v rozmezí 60–70 %. Využívá se při výrobě speciálních nebo tmavých piv mnichovského typu. (Prokeš 2012, Slad 2012)

Karamelový slad se vyrábí z dobře rozluštěného zeleného sladu nebo z navlhčeného světlého sladu tak, že se nejprve nechá v bubnové pražičce dokonale zcukřit a pak se zvolna vyhřeje na karamelizační teplotu. Zkaramelizovaný slad se poté vysypává na síto, kde je za stálého míchání zchlazován proudícím vzduchem. Před použitím se nechá odležet pro dosažení příjemného aroma. (Kosař et al. 2000)

Podle intenzity pražení rozlišujeme karamelové slady:

- Světlý karamel (karapils) – Pražení u toho typu probíhá při nižších teplotách do 120 °C, barva je tedy světlejší v rozmezí 3,5–6,0 j. EBC. Chuť sladiny je nasládlá, plná, bez výraznějšího aroma. Karapils příznivě ovlivňuje konzistenci pěny, zlepšuje redoxní kapacitu a dodává pivu plnost při zachování světlé barvy. (Slad 2012)
- Karamel střední – Praží se při teplotách 130–150 °C, barva sladiny je o něco vyšší než u světlého sladu, kolem 20–40 j. EBC. Vůně sladu je čistá, karamelová a chuť sladká.
- Karamel normální – Pražení probíhá při teplotách 150–170 °C, čemuž odpovídá vyšší hodnota barvy 50 až 70 j. EBC. Je to nejčastěji používaný typ karamelového sladu k přípravě tmavých a speciálních piv.
- Karamel porterový – Použité teploty pražení dosahují 180 °C a barva se pohybuje mezi 100–120 j. EBC. Chuť je díky použité vysoké teplotě silně karamelová až nahořklá a vůně aromatická. Jak již z názvu vyplývá, využívá se tento typ sladu k výrobě silných tmavých piv typu porterů. (Basařová 2010)

3.3.2 Barvicí slady

Tento typ sladu se používá k výrobě tmavých piv, u kterých nelze docílit požadované barvy běžným tmavým sladem mnichovského typu. Barvicí slady jsou enzymaticky inaktivní. Vyrábí se z hotových, odklíčených a navlhčených sladů, které se praží při teplotách dosahujících téměř 225 °C. Poté se slad intenzivně a rychle zchladí na síti, aby nedošlo k samovznícení. Použití takto vysokých teplot pražení umožňuje vysokou tvorbu melanoidinů a degradaci škrobu, ze kterého vznikají dextriny, karamel, ale i hořký asamar. Hořkost sladu se snižuje navlhčením po konci pražení. Hotový slad se před použitím nechá ještě dva týdny odležet, aby se zmírnila jeho drsná a natrpklá chuť. (Basařová 2010, Kosař et al. 2000)

Speciálním barvicím sladem, který patří do této skupiny, je slad čokoládový, který pivu dodává tmavou barvu při zachování pražené chuti. (Basařová 2010)

3.3.3 Nakuřované slady

Nakuřované slady mají charakteristické aroma, které je spojeno s vysokým obsahem fenolů těkajících s vodní párou. Intenzita kouřového aroma je dána především typem paliva, které bylo použito při sušení sladu. K produkci kouře se využívá dřevo bukové, dubové, třešňové nebo rašelina, která je typická pro výrobu whisky. Nakuřovanými pivy je v současné době proslulý Bamberg a jeho okolí. V České republice je pouze jedna sladovna (v Bruntále), která se zabývá výrobou nakuřovaného sladu dodávaného v přírodním stavu nebo ve formě nakuřovaných sladových výtažků. (Basařová 2010, Šnajdr 2013)

3.3.4 Diastatické slady

Diastatické slady jsou charakteristické vysokými hodnotami diastatické mohutnosti, kolem 350 j. Windische a Kolbacha. K jejich výrobě se využívají ječmeny s vysokým obsahem dusíkatých látek, které se sladují s vyšším obsahem vody (46–48 %) při nižších teplotách do 14 °C a při delším vedení hromad. Použité dotahovací teploty nepřesahují 65 °C a výsledný obsah vody je kolem 6 %. Díky jejich vysoké enzymové aktivitě se diastatické slady používají při zpracování enzymově chudých sladů, při zpracování náhražek sladu nebo také při výrobě sladových výtažků. (Basařová 2010, Kosař et al. 2000)

3.3.5 Melanoidinové slady

Tento typ sladu je charakteristický intenzivnějším průběhem Maillardovy reakce, díky které se docílí vyšší barva, specifická chuť a vůně sladu bez použití vysokých teplot. Melanoidinové slady mají čistou sladovou chuť a vůni, bez obsahu nahořklých tónů, typických pro karamelové a barvicí slady. Využívají se k výrobě tmavých piv. (Basařová 2010)

3.3.6 Proteolytické (kyselé) slady

Proteolytické slady se vyrábí ze zeleného nebo hotového sladu skrápěním kulturou mléčných bakterií ve sladince. Poté je obsah mléčné kyseliny ve sladu v rozmezí 0,7–4 %, mléčné bakterie jsou následně zničeny sušením sladu. Kyselé slady, jak již název napovídá, se využívají k úpravě kyselosti, zlepšení varního výtěžku, pěnovosti a trvanlivosti piva. (Basařová 2010)

3.3.7 Slady zvyšující redoxní kapacitu

Při výrobě těchto sladů se používají vysoce rozluštěné a při vyšších teplotách dotahované slady. Obdobně jako u melanoidinových sladů zde probíhají ve větší míře Maillardovy a karamelizační reakce, které jim dodávají výrazné redukční vlastnosti. Tento druh sladu přispívá k oddálení stárnutí chuti při skladování a ke zvýšení biologické trvanlivosti piva. (Basařová 2010)

3.3.8 Krátké slady

Krátké slady se vyrábí specifickou technologií, která se liší od přípravy ostatních sladů. V průběhu klíčení dojde k přerušení po 48 až 72 hodinách nebo po 96 až 120 hodinách. Mají charakter náhražky sladu, a proto se dávkuje k přelouštěným sladům. Pozitivně ovlivňují plnost chuti a pěnovost, díky vyššímu obsahu vysokomolekulárních látek. (Basařová 2010)

3.3.9 Tritikalový slad

K výrobě tohoto sladu se používá obilovina tritikále (*Triticale*) neboli žitovec, která vznikla křížením žita a pšenice. Tritikalový slad se vyrábí upraveným způsobem sladování s nižšími teplotami klíčení i hvozdění, což zajišťuje lepší enzymovou aktivitu výsledného produktu. Takto vyrobený slad má vyšší obsah proteinů i vyšší barvu. (Basařová 2010)

3.4 Obiloviny pro výrobu sladu

3.4.1 Ječmen

Ječmen (rod *Hordeum* L.) je v našich zemích pěstován již od roku 1227. Obecně se nepovažuje za náročnou plodinu na prostředí, to ovšem neplatí u jednotlivých užitkových směrů. Největší podíl ječmene určeného pro potravinářské účely se zpracovává na slad, dále se z něj vyrábějí kroupy, krupky, mouka, vločky, lupínky a kávové náhražky. V poslední době dochází k renesanci zájmu o potravinářský ječmen, díky jeho výborným nutričním hodnotám, což se projevuje nejenom rozšiřováním pěstebních ploch, ale i zvětšováním sortimentu ječných výrobků. Kvalitní jarní dvouřadý ječmen, který je určený k výrobě sladu, se pěstuje především v úrodných řepařských oblastech, jako je Polabí a Haná. Sladovnická jakost zrna je ze 2/3 ovlivněna vnějšími podmínkami (půda, počasí, agrotechnika), zbytek je vliv odrůdy. (Kopáčová 2007, Zimolka 2006)

Požadavky na sladovnický ječmen:

- výnos zrna přibližně 7 t/ha
- počet produktivních odnoží 2–2,5
- počet zrn v klasu 18–20
- HTZ 42–46 g
- poměr zrna ke slámě 1:1,5
- výška rostliny 70–80 cm
- délka vegetační doby 95–105 dní
- odolnost vůči poléhání
- suchovzdornost
- obsah škrobu 60–65 %
- obsah bílkovin 10–11 %
- vhodné biologické vlastnosti (Kosař et al. 2000)

V České republice se pěstuje velké množství odrůd ječmene jarního. Pro výrobu sladu a sladových výtažků jsou nejvhodnější odrůdy Rubín, Jubilant, Forum a další, které patří k nejkvalitnějším odrůdám na světě. (Chládek 2007) Vliv odrůdy na kvalitu

vyrobeného sladu byl prokázán u řady technologických parametrů (extrakt v sušině sladu, dosažitelný stupeň prokvašení, friabilita, relativní extrakt při 45 °C nebo obsah β -glukanů ve sladině). Základním předpokladem dosažení vysoké kvality sladu je odrůdová čistota partií ječmene dodávaných do sladoven, a to z toho důvodu, že každá odrůda má své specifické technologické a fyziologické vlastnosti, které jsou ve směsi většinou ztraceny nebo se natolik neprojeví. (Psota 2001)

Pěstitelé a výrobci se v posledních letech stále snaží o zvyšování kvality sladovnického ječmene. V rámci šlechtění ječmene došlo ke zvýšení výnosu extraktu a k jeho modifikaci. V současné době je dosažitelný výnos limitován strukturou a chemickým složením zrna. Další pokusy o zvyšování hodnoty extraktu mohou přispět ke zhoršení kvality ječmene, příkladem je náchylnost zrna k napadení houbami způsobené rozdělením slupky. Proto by se měly snahy o zlepšení sladovnického ječmene zaměřit na zvyšování kvality extraktu a tím jeho zkvasitelnosti. Vysoká dědičnosti jasně zeslabených limitů (AAL) poskytuje předpoklad pro úspěšné pěstování. Nicméně nejdříve se musí objasnit genetický základ rozdílných AALs. Procentuálně vyjádřený pokles extraktu po fermentaci, AAL poskytne informaci o výtěžku zkvasitelných cukrů v mladině.

Nedostatek extraktu nebo zkvasitelných cukrů v mladině může být také způsobený nedostatečnou modifikací sladu. Jestliže jednotlivé buněčné komponenty nejsou dostatečně hydrolyzovány během sladování, škrob zůstane uvnitř proteinové matrice a buněčných stěn endospermu. Rozdíly v rozsahu hydrolýzy škrobu při rmutování mohou být ovlivněny samotným škrobem. Vyšší teploty odbourávání vedou k nižší koncentraci zkvasitelných cukrů v mladině. (Gunkel et al. 2002)

3.4.2 Pšenice

Pšenici taxonomicky řadíme k rodu *Triticum*, který patří do čeledi Poaceae. Je to jedna z nejdůležitějších obilovin na světě určená k výživě lidí. Zahrnuje mnoho odrůd, přičemž komerčně nejdůležitější je *Triticum aestivum* (pšenice setá) subspecies *vulgare* a tvrdá pšenice *Triticum durum*, která se používá téměř výhradně pro výrobu těstovin. (Kopáčová 2007)

Ve srovnání s jinými obilovinami obsahuje pšenice nejvíce lepku, který je schopen vytvářet visko-elastickou strukturu požadovanou k výrobě těstovin, nudlí a kynutých

pekařských výrobků, především chleba. Pšenici a její deriváty jako například pšeničný slad, mouku a škrob, můžeme také použít při výrobě piva. Poskytuje nám esenciální aminokyseliny, vitamíny, minerály a vlákninu. Na druhou stranu představuje pro část populace zdravotní nebezpečí, které je způsobeno alergií na pšeničnou bílkovinu a způsobuje zažívací obtíže.

Pšenici můžeme považovat za druhou nejdůležitější obilovinu používanou k výrobě sladu a piva. V posledních letech vzrostl počet celosvětově produkováných pšeničných piv. V pivovarnictví se běžně využívá pšenice a její produkty (slad, mouka a škrob) jako doplněk ke všedním sladům. Nicméně termín pšeničné pivo je obecně používán pro určení těch piv, která obsahují dostatečné množství pšeničného sladu (≥ 40 %) a mají pšeničný charakter. (Arendtet al. 2013)

Hlavními faktory výběru správné odrůdy pšenice pro výrobu sladu je obsah bílkovin, sklovitost nebo moučnatost zrn a důležité je, zda se jedná o zimní či jarní odrůdu. Pro výrobu piva jsou nejvhodnější měkké odrůdy s moučnatým endospermem a obsahem proteinu do 11 %, preferovány jsou zejména zimní odrůdy. Tato zrna se nejsnadněji melou a poskytují vysoký extrakt. Pšeničný slad se vyrábí obdobně jako slad ječný s tím rozdílem, že používáme zkrácenou dobu klíčení a sušení probíhá při nižších teplotách.

Používání nesladových obilovin pro výrobu piva, tedy i pšenice, vede k jeho nižší hodnotě pH a světlejší barvě. Naopak charakteristická je pro pšeničná piva přítomnost atraktivní a stabilní pěny. Souvislost s kvalitou pивní pěny mají pšeničné proteiny, především obsah glykoproteinů. Neškrobové polysacharidy o vysoké molekulové hmotnosti, například glukany nebo arabinoxylany, jsou známé tím, že zvyšují viskozitu piva a pravděpodobně snižují odvod kapalin z pěny, čímž působí na zvyšování stability pивní pěny. Při pozorování pивní pěny pod mikroskopem lze vidět, že velikost bublin v pšeničném pivu byla o dost menší než u piva ječného, což vysvětluje krémovitost pěny u pšeničného piva. (Briggs 1998, Depraetere et al. 2004)

Výroba pšeničných piv je populární zejména v Belgii. Wit, neboli bílé pivo, vzniká svrchním kvašením výhradně z pšeničného sladu. Nevyužívá se zde chmel pro okořenění, ale nejrůznější byliny (např. koriand). Zatímco v pivech plzeňského typu je zákal nepřijatelný, u bílých pšeničných piv se intenzita a stabilita zákalu sleduje jako jakostní znak. Hlavními složkami koloniálního zákalu v bílých pivech jsou proteiny

vázané s polyfenoly a škrobem nebo degradovaný škrob. (Depraetere et al. 2004, Belgické pivní styly 2012)

3.4.3 Oves

Oves, stejně jako ostatní druhy obilovin, patří do čeledi Poaceae a jeho nejrozšířenějším druhem je *Avena sativa* (oves setý). V porovnání s jinými cereáliemi má oves nejvyšší obsah bílkovin s vysokou biologickou hodnotou, která je dána přítomností esenciálních aminokyselin lyzinu a methioninu, příznivým množstvím lehce stravitelných sacharidů, vysokým obsahem vlákniny a obsahem tuku s výhodným poměrem nasycených a polynenasycených mastných kyselin. Oves je také ve srovnání s jinými obilovinami více tolerantní k chladu a dešti. Mezi 50–90 % světové produkce se používá ke zkrmování zvířat. V potravinářství se využívá především pro výrobu cereálních výrobků a v pekařství. Známé jsou příznivé účinky ovsa na snižování hladiny cholesterolu díky přítomným β -glukanům, je prevencí rakoviny tlustého střeva, má vysoký obsah tokoferolu a působí jako přírodní antioxidant. Kromě toho oves může být podle provedených výzkumů tolerován velkým množstvím lidí, kteří trpí celiakií a musí dodržovat přísnou bezlepkovou dietu. Toto téma je diskutované několik posledních desetiletí a z výzkumu vyplývá, že většina celiaků oves dobře snáší. (Arendt et al. 2013, Kopáčová 2007, Schnitzenbaumer et al. 2013)

Sladovnický oves využívali Evropané k přípravě piva po mnoho století. V pivovarnictví se používal již ve středověku, a to až do roku 1516, kdy byl zaveden zákon, který limitoval použití toho zrna. Dnes je dominantně využíván k přípravě sladu ječmen, který je preferován díky nízkému obsahu slupky, vyššímu obsahu extraktu a také vyšší aktivitě enzymů. Oves je bohatý na bílkoviny, lipidy i β -glukany, a právě tyto látky způsobují problémy při výrobě piva. Může docházet k tvorbě zákalů, zhoršení filtrovatelnosti a horší stabilitě pěny. Obsahuje také menší množství škrobu oproti běžně používanému ječmenu. Nežádoucí je vysoký obsah slupek, kterých je potřeba se zbavit před následným zpracováním. I přesto je podle některých výzkumů možné uvařit pivo ze 100% ovesného sladu. Použití ovesného sladu se doporučuje také jako doplněk k běžně používanému ječnému sladu. (Klose et al. 2011, Schnitzenbaumer et al. 2013)

Proces vaření piva a následně pivo samotné jsou silně ovlivněny kvalitou sladu. Důležitými ukazateli jsou hodnota extraktu a obsah dusíku ve sladu. Při sladování ovsu v mikrosladovně vychází nižší extrakt kolem 62,1 % v porovnání s vysokou hodnotou sladu ječného (83 %). Při porovnání hodnot pH kongresní mladiny měl ječný slad pH 5,6 – 6,0 oves se pohyboval nad horní hranici techno hodnot (průměrné pH 6,9). Dále byly u ovsu naměřeny vysoké hodnoty viskozity, které mohou poukazovat na problémy s filtrací piva, způsobené vysokým obsahem β -glukanů. Vzhledem k tomu, že oves obsahuje vysoké množství bílkovin v porovnání s jinými obilovinami, tak je pro účely výroby piva vhodnější použít odrůdy s nižším obsahem dusíku. (Klose et al. 2011)

Provedené studie dokázaly, že oves je obilovina s nerealizovaným potencionálem v oblasti pivovarnictví. Získaný slad je nejen vysoce nutričně hodnotný, ale je z něj možné uvařit 100% ovesné pivo nebo ho lze použít jako doplněk při výrobě speciálních piv. Při srovnání ovsu a ječmene byl podstatný rozdíl ve vyšším pH a nižším obsahu alkoholu u ovesného piva. Ječná piva mají lepší stabilitu pěny, což je zřejmě způsobeno obecně vyšším obsahem tuku v ovsu. Naopak barva u ovesného piva je vyšší v porovnání s ječným pivem (tmavší barvu můžeme pozorovat už v mladině). (Klose et al. 2011, Schnitzenbaumer et al. 2013)

3.4.4 Žito

Žito (rod *Secale* L.) je tradiční obilovina pěstovaná v České republice pro potravinářské, pícninářské, krmivářské, technické (bioetanol) a farmaceutické účely. Je to odolná a nenáročná rostlina, pěstovaná v ozimé i jarní formě. V potravinářství slouží především k výrobě žitné mouky pro výrobu chlebů a perníků, může se využít k výrobě těstovin. V Americe se ze žita destiluje určitý druh whisky, u nás je žitný destilát známý pod názvem „režná“. V pivovarnictví se využívá slad k výrobě žitných piv nebo jako přídavek k běžným sladům. (Kopáčová 2007)

Výhodou využívání žita k přípravě sladu je jeho rychlé vstřebávání vody a potencionálně vysoká hodnota extraktu. Avšak musí být přijatá určitá opatření, která se praktikují také při výrobě pšeničného sladu. Ve světě se žitný slad používá především k výrobě whisky. V minulosti již byl v pivovarnictví žitný slad využíván, ale pouze v omezeném množství, což bylo zřejmě způsobeno pomalým oddělováním sladiny a tvorbou zákalu u žitných piv. Žitný slad může mít velmi vysoký obsah škrob

degradujících enzymů, což ho dělá velmi atraktivní. Hodnoty extraktu mohou dosáhnout vysokých hodnot (hodnoty až 91 %). Máčení žita probíhá vcelku rychle, ale je potřeba dodržet minimálně sedmidenní dobu klíčení pro dokončení modifikace. Hvozďení žitného sladu se provádí při nižší teplotě, aby byla zachována enzymová aktivita. Nicméně je možné vyrobit i karamelové žitné slady. (Briggs 1998)

Žitný slad se používá především jako doplněk k běžným sladům. Znáмым pivem, které obsahuje vysoký podíl žitného sladu (okolo 50 %, někdy i 65 %), je Roggenbier (žitné pivo). Barva piva je polotmavá, může se dobarvovat karamel, chuť bývá trochu hrubší, ale příjemně vyvážená. Tradičně německý, především bavorský pivní styl, který se nikdy příliš nerozšířil mimo oblast svého vzniku. (Německé pivní styly 2012)

3.4.5 Kukuřice

Kukuřice je jednoletá statná tráva původem z Mexika, která se řadí do čeledi lipnicovitých (Poaceae), skupiny kukuřicovitých (*Maydae*), kam patří rod *Zea*. Dále kukuřici dělíme na nižší systematické jednotky podle charakteru endospermu zrna, např:

- Kukuřice koňský zub
- Kukuřice obecná, tvrdá
- Kukuřice polozubovitá
- Kukuřice pukancová
- Kukuřice cukrová
- Kukuřice škrobnatá
- Kukuřice vosková (Gulich 2010, Kopáčová 2007)

V potravinářství se používá především k výrobě extrudovaných výrobků (křupky). Využíváme také kukuřičnou mouku, krupici (snídaňové cereální směsi) a kukuřičný škrob. Z klíčků se lisuje jakostní olej a zbylé pokrutiny se využívají jako bílkovinné krmivo. V posledních letech se kukuřice čím dál více používá jako surovina pro výrobu bezlepkových potravin. Spolu s rýží, pohankou nebo prosem je nejvhodnější surovinou k výrobě bezlepkového piva. První takové bezlepkové kukuřičné pivo u nás bylo uvařeno v zámeckém minipivovaru v Ostravě-Zábřehu. (Kučerová 2004, Příbylová 2012)

V případě přípravy piva z ječného sladu je rozpouštění chemických složek zrna (škrob, neškrobové polysacharidy (NSP), bílkoviny, lipidy, minerální látky, vitamíny, atd.) usnadněno enzymatickou přeměnou struktury zrn během sladování. Především buněčné stěny endospermu jsou degradovány a je omezená hydrolýza proteinů a škrobových zrn. Při výrobě sladu a piva z kukuřice je tento proces podobný, je zde rozdíl ve složení, struktuře a vlastnostech některých chemických složek zrna.

Rozsah teplot při želatinizaci škrobu se pohybuje u kukuřice zhruba o 10–20 °C výše než u ječného škrobu. Existují waxy obiloviny, které obsahují téměř 100 % amylopektinu (0 % amyulózy). Waxy ječné a kukuřičné škroby vykazují mnohem větší bobtnání zrna než jejich protějšky, které obsahují vyšší množství amyulózy. Pravděpodobně z důvodu lepšího bobtnání škrobových zrn (amylopektinu) se waxy kukuřice využívá pro výrobu ležáků. Nejvíce zastoupené bílkoviny v kukuřici jsou zásobní proteiny prolaminy (zeiny) obsažené v endospermu.

Výsledkem při použití kukuřičného sladu k výrobě piva je dominantní charakter vařené kukuřice „popkornové aroma“, což je způsobeno 6-acetyltetrahydropyridinem, 2-acetyl-1-pyrrolinovem (2-AP) (roasty popcorn, jako aroma) a jeho analogy 2-propionyl-1-pyrrolin. Vůně kukuřice je převážně způsobená dimethylsulfidem. (Taylor et al. 2013)

4 MATERIÁL A METODIKA

4.1 Použité suroviny

4.1.1 Obiloviny

Pro měření a výrobu sladu bylo použito celkem 7 vzorků obilovin. Jednalo se o sladovnický ječmen (Maltz), nahý ječmen (Nudimelanocrithon), dvě odrůdy potravinářské pšenice červené (pokusný vzorek z Výzkumného ústavu z Kroměříže) a pšenice modré (Skorpion), nahý oves (pokusný vzorek z Výzkumného ústavu z Kroměříže), žito (Arantes) a kukuřici (Salgado).

- Ječmen

Jakostní požadavky na sladovnický ječmen se odvozují od normy ČSN 46 1100-5. Hlavním a nosným kritériem je klíčivost, bez které není možné vyrobit slad. Ukazatele sladovnické jakosti (USJ) hodnotí kvalitu jednotlivých odrůd.

Tab. 1 *Jakostní ukazatele sladovnického ječmene (Černý 2007)*

Hodnoty jakostních ukazatelů ječmene sladovnického (ČSN 46 1100-5)		
Jakostní ukazatele	Základní jakost [%]	Závazná jakost [%]
Vlhkost	15	nejvýše 16
Přepad zrn nad sítím 2,5 × 2,2 mm	90	nejméně 70
Zrna poškozená	2	nejvýše 5
Zrna se zahnědlými špičkami	2	nejvýše 6
Zrna porostlá	0	nejvýše 0,5
Celkový odpad, z toho	3	nejvýše 7
Neodstranitelná příměs		nejvýše 1
Zelená zrna		nejvýše 1
Klíčivost	98	nejméně 92
Obsah N-látek	11	nejvýše 12,5
Barva zrna	světle žlutá	žlutá, i méně vyrovnaná
Plucha	jemně vrásčitá	i méně jemně vrásčitá

Pro výrobu sladu byly použity dvě odrůdy ječmene, a to Malz a Nudimelanocrithon. Malz je polopozdní sladovnická odrůda středně vysokého typu registrovaná v roce 2002. Je doporučený Výzkumným ústavem pivovarským a sladařským pro výrobu piva s CHZO „České pivo“. Odrůda Malz je vhodná do všech výrobních oblastí. Vykazuje dobrou odolnost proti polehání a velmi dobrou odolnost proti lámání stébla a střední odolnost proti napadení padlím travním. (Černý 2007, Horáková et al. 2014)

Nudimelanocrithon, původem z Etiopie, je výchozí genetický zdroj ječmene jarního s bezpluchým typem zrna, které je zbarveno černě díky vysokému obsahu antokyanů. Charakteristický je krátkou vegetační dobou a má vysoký obsah dusíkatých látek v zrna. (Vaculová et al. 2010)

- Pšenice

Potravinářská pšenice by měla splňovat několik parametrů, a to vlhkost maximálně 14 %, objemovou hmotnost 780 g/l, příměsi maximálně 4 %, obsah dusíkatých látek minimálně 12 % a další. Odrůdy pšenice můžeme podle způsobu použití členit na pšenici pečivářskou, pro výrobu těstovin, pro speciální použití a krmné pšenice. (Horáková et al. 2014)

K výrobě sladu byla použita odrůda modré (Skorpion) a červené pšenice (pokusný vzorek). Skorpion je ozimá pšenice s modrým aleuronem zrna, jehož zbarvení způsobují antokyaniny v aleuronové vrstvě endospermu zrna. Patří mezi střední až pozdní odrůdy a vyznačuje hodnotou HTZ, vysokým obsahem bílkovin a nízkou objemovou hmotností zrna, která je často vyvolána zasycháním zrna. (Martinek et al. 2012)

- Oves

Pro výrobu sladu byl použit vzorek nahého ovsa ze Zemědělského výzkumného ústavu Kroměříž.

- Žito

Arantes je středně raná plastická odrůda, která je vhodná téměř do všech výrobních oblastí. Zrna po sklizni dosahují potravinářských parametrů – vysoký výnos, vysoká HTZ (36,7), vysoké pádové číslo (214 s), objemová hmotnost středně vysoká a obsah dusíkatých látek středně vysoký. Využívá se jak pro mlýnské zpracování, tak pro produkci siláží. (Šilha et al. 2015)

- Kukuřice

K výrobě sladu v minipivovaru byla použita odrůda Salgado.

4.1.2 Chmely

- **Žatecký poloraný červeňák**

ŽPČ patří do skupiny jemných aromatických chmelů, které obsahují alfa-hořké kyseliny do 4,5 %. Využívá se pro druhé nebo třetí chmelení, případně pro studené chmelení. Podle Nařízení Komise č. 503/2007 bylo označení ŽATECKÝ CHMEL (PDO) zapsáno do Rejstříku chráněných označení původu a chráněných zeměpisných označení. V rámci Evropské Unie se jedná o první udělené označení, které se týká chmele a o jedno z prvních označení udělené českému zemědělskému či potravinářskému výrobku. (Žatecký chmel, České odrůdy chmele)

Žatecký poloraný červeňák se pěstuje v tzv. Žatecké chmelařské oblasti, a to v devíti klonech (Lučan, Blato, Osvaldův klon 31, Osvaldův klon 72, Osvaldův klon 114, Siřem, Zlatan, Podlešák a Blšanka)

Obsah chmelových pryskyřic:

- 13–20 celkové pryskyřice (% hm.)
- 2,5–4,0 α -hořké kyseliny (% hm.)
- 4,0–6,0 β -hořké kyseliny (% hm.)
- 0,6–0,9 poměr α/β
- 23–26 kohumulon (% rel.)
- 39–43 kolupulon (% rel.) (Chmelové odrůdy)

- **Premiant**

Tato odrůda vznikla inzuchtním křížením linie Žateckého poloraného červeňáku (50 %) a dalších šlechtitelských materiálů. Je charakteristická vyšším obsahem alfa hořkých kyselin s vysokým výnosovým potenciálem, a také nízkým podílem kohumulonu. Pozitivně ovlivňuje jemnost hořkosti piva, dává tzv. „neutrální“ hořkost. (České odrůdy chmele)

Obsah chmelových pryskyřic:

- 19–25 celkové pryskyřice (% hm.)
- 7,0–9,0 α -hořké kyseliny (% hm.)
- 3,5–5,5 β -hořké kyseliny (% hm.)
- 1,7–2,3 poměr α/β
- 18–23 kohumulon (% rel.)
- 39–44 kolupulon (% rel.) (Chmelové odrůdy)

- **Kazbek**

Kazbek byl získán výběrem z potomstva hybridního materiálu kříženým s původním ruským planým chmelem. Je to aromatická odrůda vhodná pro druhé chmelení do tradičních tuzemských typů piv nebo do zahraničních. Můžeme jej využít také na studené chmelení pro své specifické kořenité - citrónové aroma. Kazbek je zařazován i do odrůd tzv. kategorie flavour hops. (České odrůdy chmele)

Obsah chmelových pryskyřic:

- 17–22 celkové pryskyřice (% hm.)
- 5,0–8,0 α -hořké kyseliny (% hm.)
- 4,0–6,0 β -hořké kyseliny (% hm.)
- 0,9–1,5 poměr α/β
- 35–40 kohumulon (% rel.)
- 57–62 kolupulon (% rel.) (Chmelové odrůdy)

4.1.3 Kvasnice

Při výrobě piv typu ležáků využíváme spodní pivovarské kvasnice *Saccharomyces cerevisiae* (*carlsbergensis* případně *uvarum*) s teplotním rozmezím 7–15 °C, které sedimentují ke dnu kvasné nádoby. Mají nižší růstovou teplotu a tepelnou odolnost, rafinosu zkvašují úplně. (Šavel 2002)

Pro výrobu piva v laboratoři byly použity tekuté kvasnice Kmen RIBM 95 - Lager Yeast. Tento kmen německého původu se vyznačuje dobrou sedimentací a rychlým zkvašováním extraktu v širokém rozmezí teplot. Získaná piva jsou charakteristická vyrovnaným a čistým sensorickým profilem. (Kmeny pivovarských kvasinek)

4.2 Parametry zrna a sladu

4.2.1 Hmotnost tisíce zrn (HTZ)

Od každého vzorku obilovin napočítáme 1000 zrn, která následně zvážíme. Výsledek se uvádí na jedno desetinné místo v gramech.

4.2.2 Objemová hmotnost

Stanovení se provádí na čtvrtlitrovém nebo litrovém obilním zkoušeči, který se skládá z odměrné nádoby s prstencem, násypky, plniče, nože, běhounu a příruby. Výsledná hmotnost zrn se přepočítá podle tabulek.

4.2.3 Moučnatost a sklovitost

Ke stanovení sklovitosti se využívá přístroj Farinatom, na kterém se zrna příčně rozříznou a vizuálně se stanoví počet moučnatých a sklovitých zrn. Výsledek se vyjádří v procentech sklovitých zrn.

4.2.4 Stanovení extraktu

Extrakt je souhrn všech látek, které za podmínek metody přejdou do roztoku, výsledek je vyjádřený v hmotnostních procentech.

Postup: K navážce 50g šrotu sladu přidáme 200 ml destilované vody 45 °C teplé, promícháme, vložíme do vyhřáté rmutovací lázně a rmutujeme 30 minut. Poté zvýšíme během 25 min. teplotu na 75°C, přidáme 100 ml vody (70 °C) a rmutujeme 1 hodinu. Rmut se ochladí a přefiltruje, u získaného filtrátu se stanoví pyknometricky relativní hustota. Z tabulky se poté odečte extrakt ve sladu. Pro světlé slady jsou běžné hodnoty extraktu 79,0 až 82,0 % v sušině a u tmavých sladů 76,5 až 78,0 % v sušině.

Vzorec:

$$E = \frac{(800 + a) \cdot b}{100 - b}$$

Kde: E – obsah extraktu v %

a – obsah vody ve sladu v %, b – extrakt ve sladině, odečtený z tabulek

4.3 Výroba sladu

Výroba sladů probíhala z výše uvedených obilovin v mikrosladovně Mendelovy univerzity v průběhu měsíců února a března 2014.

4.3.1 Zařízení mikrosladovny

Mikrosladovna je technologické zařízení, které se využívá ke sladování obilovin, jako je ječmen, nebo netradičních sladovnických suroviny, například pšenice, oves, žito, tritikále a dalších. Slouží ke stanovení vhodnosti použitého druhu ječmene (či jiné obiloviny) pro výrobu sladu a jeho chování během sladování při rozdílných technologických postupech. Procesy probíhající v mikrosladovně jsou řízeny a zaznamenávány počítačem, je tak možné přesně stanovit a kontrolovat podmínky procesu sladování.

Mikrosladovna se skládá ze tří nerezových skříní (boxy pro máčení, klíčení, hvozdění), řídicího rozvaděče, počítače s tiskárnou a nově je součástí mikrosladovny zařízení na odkličování sladu. Jednotlivé skříně jsou vybaveny osmi ocelovými krabicemi na vzorky s děrovaným a odnímatelným dnem, které se nazývají vzorkovníky. Ty jsou shodné pro všechny tři boxy, jeden vzorkovník je schopen pojmout 1 kg ječmene či jiné obiloviny. (Ravoz)



Obr. 4 *Mikrosladovna Mendelovy univerzity – skříně pro máčení, klíčení a hvozdění (foto autor)*

4.3.2 Máčení

Cílem máčení je řízeným způsobem zvýšit obsah vody v zrně pro zahájení enzymatických reakcí. Do každého vzorkovníku se naváží 1 kg dané obiloviny, které se pak vloží do máčecího boxu. Teplota máčecí vody je 12–14 °C. Technologie máčení se u jednotlivých obilovin liší, rozdíly jsou v délce namáčení zrna a délce vzdušné přestávky. Průběh máčení u jednotlivých obilovin:

- Ječmen – celý proces máčení trvá 48 hodin
6 hod. namáčka - 6 hod. vzdušná přestávka
6 hod. namáčka - 6 hod. vzdušná přestávka
6 hod. namáčka - 6 hod. vzdušná přestávka
6 hod. namáčka - 6 hod. vzdušná přestávka

- Pšenice

6 hod. namáčka - 12 hod. vzdušná přestávka

6 hod. namáčka - 6 hod. vzdušná přestávka

6 hod. namáčka - 6 hod. vzdušná přestávka

6 hod. namáčka - 6 hod. vzdušná přestávka

- Oves

6 hod. namáčka - 18 hod. vzdušná přestávka

6 hod. namáčka - 10 hod. vzdušná přestávka

6 hod. namáčka - 10 hod. vzdušná přestávka

- Žito

6 hod. namáčka - 10 hod. vzdušná přestávka

6 hod. namáčka - 10 hod. vzdušná přestávka

6 hod. namáčka - 10 hod. vzdušná přestávka

- Kukuřice – ve srovnání s ostatními obilovinami vyžaduje kukuřice specifický postup při namáče, protože snadno přechází k mléčnému kvašení

4 hod. namáčka - 12 hod. vzdušná přestávka

4 hod. namáčka - 10 hod. vzdušná přestávka

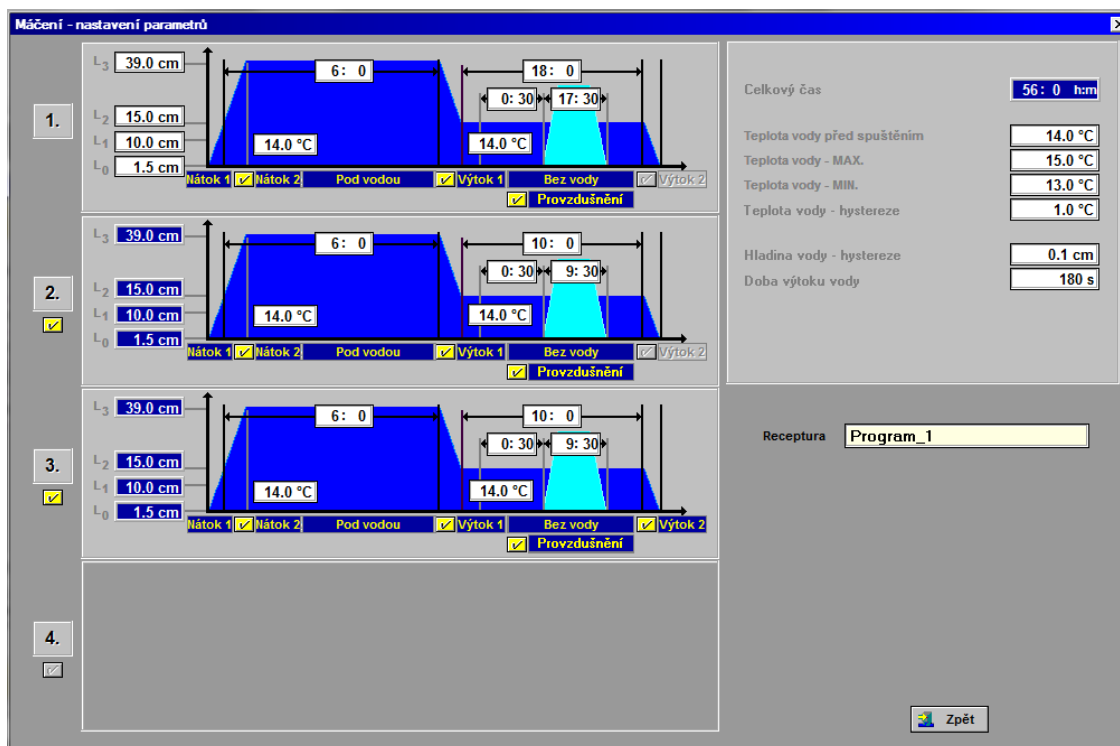
4 hod. namáčka - 10 hod. vzdušná přestávka

4 hod. namáčka - 8 hod. vzdušná přestávka

4 hod. namáčka - 6 hod. vzdušná přestávka

4 hod. namáčka - 6 hod. vzdušná přestávka

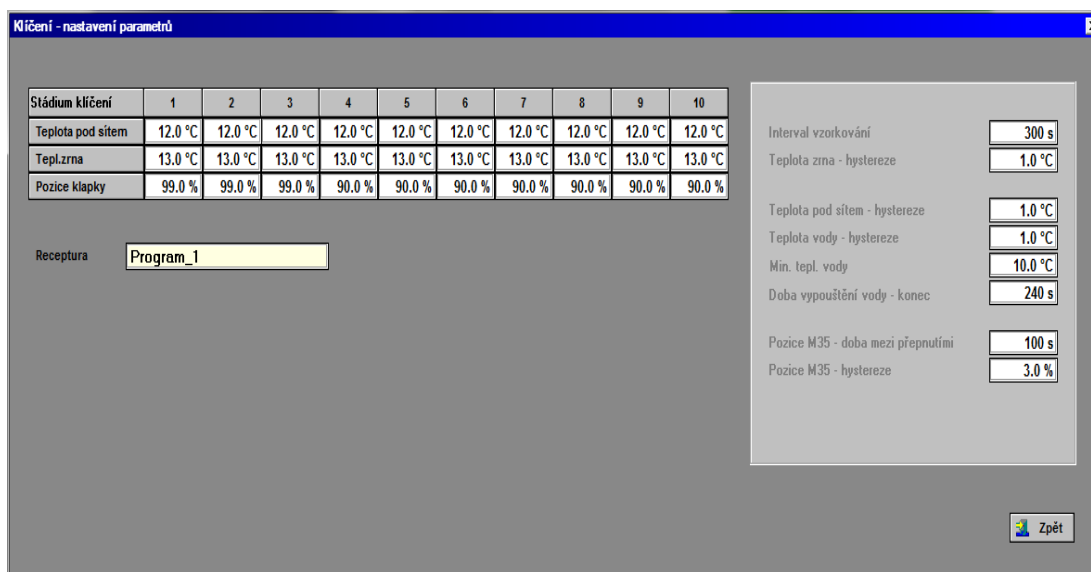
4 hod. namáčka - 4 hod. vzdušná přestávka



Obr. 5 Technologie máčení u ovsa (Záznamové zařízení)

4.3.3 Klíčení

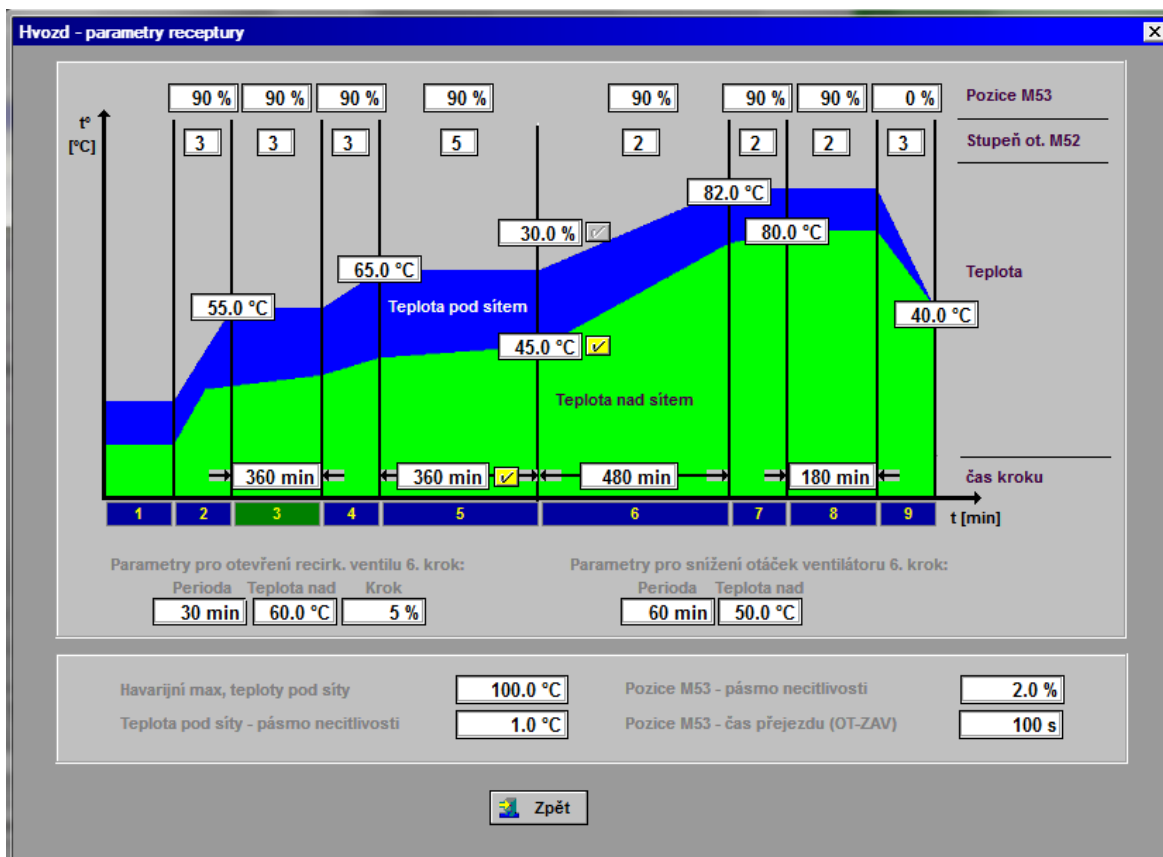
Cílem klíčení je aktivovat enzymový systém zrna a dosáhnout požadovaného rozluštění. Po skončení máčení se vzorkovníky přesunou do druhého nakličovacího boxu. Doba klíčení je u jednotlivých obilovin různá, zpravidla se klíčení zastavuje, když klíček dosáhne 1/2–3/4 až celé délky zrna.



Obr. 6 Teplotní průběh klíčení u ovsa (Záznamové zařízení)

4.3.4 Hvozdění

Cílem hvozdění je snížit obsah vody v zrna a vytvořit aromatické a barevné látky, které jsou charakteristické pro daný druh sladu. Naklíčený ječmen se přesune do hvozdící skříně na dobu přibližně 24 hodin. Během celého hvozdícího procesu je automaticky regulována a zaznamenávána teplota, viz obrázek č. 7.



Obr. 7 Průběh teplot při hvozdění ovsa (Záznamové zařízení)

4.3.5 Odkličování

Hotový slad je po konci hvozdění zchlazen a odkličkován v odkličovače, kde je oddělen sladový květ. Takto získaný slad se přesype do pytlů a uskladní.

4.4 Výroba piva

Mikrovýroba piva se uskutečnila v průběhu února a března v prostorách Mendelovy univerzity. Vaření piva probíhalo v laboratoři na plotýnkovém vařiči, před každým vařením bylo provedeno šrotování požadovaného množství sladu. Při výrobě speciálních piv byla vždycky použita 1/2 sladu ječného (Maltz) a 1/2 speciálních sladů (pšenice, oves, žito a kukuřice). Všechny várky se vařily z 5 litrů vody a bylo přidáváno 0,91 kg sladu.

K výrobě piva bylo využito vybavení laboratoře – dvouplotýnkový vařič, hrnce, vařečka, teploměr, odměrné nádoby, váha, filtrační materiál, skleněné kvasné nádoby a PET lahve.

Vlastní výroba piva probíhala u všech vzorků stejně. Vždy se vařilo z 5 litrů vody s přídatkem 0,455 gramů ječného sladu a 0,455 gramů speciálního sladu. Zvolené druhy chmelů (Premiant, Kazbek, ŽPČ) byly přidávány vždy ve stejném množství 3 gramy.

V první fázi výroby piva se k vodě o teplotě 40 °C přidával připravený šrotový slad a nechal se 5 minut povařit za současného intenzivního míchání. Poté se teplota zvýšila na 52 °C a udržovala se 15 minut, následně se teplota zvyšovala na 62 °C a ponechala se při této teplotě po dobu 30 minut. Za občasného míchání se teplota opět zvyšovala na 72 °C (30 minut). Po uplynutí této doby se opět teplota zvedla na 85 °C po dobu 5 minut.

Důležité teploty v průběhu rmutování:

- Kyselinotvorná teplota (38–40 °C) – podporuje rozpouštění látek extraktu a tím napomáhá působení sladových enzymů v dalších fázích rmutování
- Peptonizační teplota (50 °C) – podporuje amyrolýzu škrobu a štěpení β -glukanů
- Nižší cukrotvorná teplota (62 °C) – tvoří optimální podmínky pro aktivitu β -amylázy, zvyšuje podíl redukujících cukrů
- Vyšší cukrotvorná teplota (72 °C) – optimální teplota pro působení enzymu α -amylázy, tuto teplotu používáme s cílem dosažení dokonalého zcukření
- Odrmutovací teplota (80 °C) (Basařová 2010)

Následně byl získaný rmut zchlazen studenou vodou a přefiltrován (scezován), během tohoto kroku došlo k oddělení mláta od sladiny. Poté se získaná sladina vracela na vařič, na kterém se nechala pozvolně vystoupat k bodu varu.

Dalším krokem výroby byl chmelovar, který celkově trval 1,5 hodiny. Do vroucí sladiny se přidávaly chmely, a to ve třech krocích. První chmelení se provádělo při dosažení bodu varu, druhý chmel se přidával v polovině chmelovaru a poslední část 15 minut před koncem vaření. Chmely se přidávaly v pořadí Premiant, Kazbek a Žatecký poloraný červeňák (podle obsahu α -hořkých kyselin).

Vyrobená mladina se ochladila studenou vodou a přefiltrovala do skleněné kvasné nádoby, do které se přidaly pivovarské kvasnice (spodní kvašení) pro zahájení kvašení.

Samotný proces kvašení můžeme rozdělit na:

- Hlavní kvašení – Dochází k pomnožení kvasinek, které zkvasí podstatnou část využitelných látek obsažených v mladině. Ke konci hlavního kvašení sedimentují kvasnice ke dnu nádoby.
- Dokvašování - Probíhá pod mírným tlakem, pivo se sytí oxidem uhličitým a získává sensoricky významné látky. (Kosař et al. 2000)

Kvasné nádoby byly umístěny do chlazeného skladu s řízenou teplotou okolo 10 °C, kde zůstaly po dobu 4 až 7 dnů. Dokvašení následně probíhalo v PET lahvích, do kterých se přidával moučkový cukr (5 g na 0,5 l). Lahve byly pevně uzavřeny a opět umístěny do chlazeného skladu, kde zůstaly do doby, než proběhla chemická a sensorická analýza.

4.5 Chemická analýza

Na hotových vzorcích pív byla následně provedena chemická analýza pomocí přístroje FermentoFlash od firmy FunkeGerber a také bylo změřeno pH. Analýza probíhala v laboratoři minipivovaru.

4.5.1 FermentoFlash

Fermentoflash je jednoduchý analytický přístroj, který slouží ke stanovení důležitých parametrů piva termickou analýzou a dodatečným matematickým výpočtem. Pomocí tohoto přístroje je možné zjistit obsah alkoholu, extrakt, zdánlivý extrakt, stupňovitost piva a také jeho hustotu či osmotický tlak.

Výhodou přístroje FermentoFlash je jeho snadná obsluha, nízká spotřeba vzorku na jedno měření (10 ml) a především rychlé měření s dobrou opakovatelností. Součástí přístroje je i tiskárna.



Obr. 8 *Přístroj FermentoFlash od firmy FunkeGerber*

Před samotným měřením se nejdříve přístroj kalibroval s destilovanou vodou a vzorky byly v Erlenmayerově baňce upraveny třepáním, aby byl odstraněn oxid uhličitý. Poté se vzorky přefiltrovaly a filtrát byl použit k analýze.

Princip měření:

10 ml vzorku je nasáváno pomocí hadičky čerpadla do měřicí kyvety. Obsah alkoholu, extraktu a hustota se stanovují na základě termické analýzy. Poté se odvozují hodnoty zdánlivého extraktu, stupňovitosti a osmotického tlaku.

Z každého vzorku jsem získala dva výsledky, které jsem následně zprůměrovala a zpracovala do tabulky. (FermentoFlash)

Tab. 2 *Parametry přístroje FermentoFlash*

Stanovený parametr	Rozsah měření	Opakovatelnost
Alkohol	0,00 ... 15,00 %	+/- 0,02 %
Extrakt	0,00 ... 10,00 %	+/- 0,04 %
Extrakt zdánlivý	0,00 ... 10,00 %	+/- 0,04 %
Stupňovitost	0,00 ... 20,00 %	+/- 0,04 %
Hustota	0,95-1,05 g/cm ³	+/- 0,0002 g/cm ³
Osmotický tlak	početní hodnota	-

- Extrakt (skutečný) – je nezkvašený extrakt piva, které je zbavené CO₂ a alkoholu a doplněné vodou na původní hmotnost
- Extrakt zdánlivý - je extraktivnost piva zbaveného CO₂. Neodpovídá konkrétní hodnotě extraktu, protože je závislý na obsahu extraktu i alkoholu.
- Extrakt původní mladiny (původní stupňovitost) – jedná se o obsah rozpuštěných látek původní mladiny. (Kosař et al. 2000)

4.5.2 Stanovení pH

K měření byl použit pH metr – pH 7 od firmy XS Instrument Germany. PH se stanoví pomocí skleněné elektrody, která využívá vlastností skleněné membrány, na které se vytváří potenciál, jehož velikost je závislá na koncentraci vodíkových iontů v roztoku. Potenciál skleněné elektrody se měří proti referentní kalomelové nebo argentochloridové elektrodě. (Basařová 1992)

4.6 Senzorická analýza

Senzorické hodnocení vyrobených piv probíhalo v senzorické laboratoři, která náleží k minipivovaru. Vzorky se hodnotily přibližně po měsíci kvašení. Komise byla složena ze sedmi hodnotitelů, kteří své výsledky zaznamenávali do předem připravených formulářů. Vzor senzorického formuláře je uveden v příloze.

Jako neutralizátor chuti mezi jednotlivými vzorky byla použita čistá kohoutková voda. Vzorky se podávaly v množství přibližně 100 ml, při teplotě 8–10 °C v malých degustačních sklenicích.

U vzorků se bodově hodnotily tyto jakostní znaky:

- Vůně a chuť – Všechny senzorické vjemy jsou kombinací chutí a vůní, přičemž oba tyto vjemy jsou vnímány společně. (Kosař et al. 2000) V pivu bylo objeveno přes tisíc různých látek, z nichž většina je senzoryicky aktivních. Tyto látky můžeme podle intenzity vlivu rozdělit na látky s charakterem silným, středním nebo slabým. (Čejka 2006)
- Cizí vůně a chutě – Přítomností cizích, méně příjemných nebo vyloženě nepříjemných vůní a chutí v pivu dochází ke zhoršení jeho kvality. Původ cizích chutí a vůní může být ve sladu (trávnová, sladinová, karamelová, atd.), z varního procesu (nasládlá, obilná, atd.), z kvasného procesu (ovocná či esterová, acetaldehydová, atd.), způsobený skladováním (oxidační, pasterační, zvětralá), případně další chutě a vůně různého původu (fenolová, medicínální, kovová, atd.). (Čejka 2006, Kosař et al. 2000)
- Plnost – Je dána pocitem hutnosti, uplatňují se zde hmatové receptory v dutině ústní. Na plnosti chuti piva se nejčastěji podílejí vysokomolekulární bílkoviny a některé další vysokomolekulární látky, částečně přispívá i alkohol. Jako prázdná se označují piva s nízkou plností.
- Říz – Říz chuti piva způsobuje uvolňování bublinek oxidu uhličitého při napití v ústech.
- Hořkost piva – Je dána především obsahem iso- α -hořkých kyselin. Při hodnocení hořkosti se rozlišuje intenzita hořkosti (intenzita prvního vjemu po napití) a charakter hořkosti (doznívání hořké chuti v dutině ústní po napití). (Kosař et al. 2000)
- Celkový subjektivní dojem

Tab. 3 *Přehled organoleptických vjemů v pivu (Čejka 2006)*

Organoleptický vjem	Sloučenina	
Chuť	hořká	Iso- α -kyseliny z chmele
	sladká	zbytkové cukry, peptidy
	slaná	Na ⁺ , K ⁺ z vody a ječmene
	kyselá	Organické kyseliny z kvasnic
Vůně	ze sladu	Aldehydy, Maillardovy produkty
	z chmele	Chmelové silice
	z kvasnic	Estery, vyšší alkoholy, vicinální diketony, sirné sloučeniny a nižší mastné kyseliny
Hmatové vjemy v ústech a na dásních	řízná	Oxid uhličitý
	suchá	Kyselina mléčná, ethanol
	plná	Sacharidy, aminokyseliny, peptidy, β -glukany (ne dextriny)
	svíravá (trpká)	Organické kyseliny, polyfenoly
	hřejivá	Alkohol, vyšší alkoholy
	mazavá, olejová	Chlorid sodný, síran sodný

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

5.1 Vyhodnocení parametrů zrn a sladů

Podle výše uvedených metod byla stanovena hmotnost tisíce zrn, objemová hmotnost, obsah moučnatých či sklovitých zrn a určení extraktu.

Tab. 4 *Výsledky stanovení HTZ, objemové hmotnosti a sklovitosti u obilovin*

	Sladovnický ječmen	Ječmen černý	Pšenice modrá	Pšenice červená	Oves	Žito	Kukuřice
HTZ [g]	45,3	49,11	48,2	41	29,76	36,66	326,6
Objemová hmotnost [g/l]	718,4	755,75	765,55	697,15	628,51	729,65	847,2
Sklovitost [%]	28	35	20	15	12	10	30

V tabulce č. 4 jsou uvedeny tři parametry zjišťované u vzorků ječmene, pšenice, ovesa, žita a kukuřice. Hodnoty HTZ by se měly podle PSOTY a VEJRAŽKY u ječmene pohybovat v rozmezí 38–42 g v sušině. Vyšší hodnoty u sladovnického ječmene ukazují na větší a těžší zrna. Podle výzkumu, který prováděla EHRENBERGEROVÁ et al. byly zjištěny vyšší hodnoty HTZ u genotypu ječmene Nudimelanocrithon (42,43 až 49,52 g), kterým můj vzorek odpovídá. (Ehrenbergerová et al. 2013) Odrůda Skorpion u pšenice dává střední hodnotu HTZ kolem 45 g, čemuž vzorky odpovídají. Také hodnoty u nahého ovesa se pohybují kolem 29 g a hodnoty u žita jsou v rozmezí 25–40 g HTZ. (Konvalina et al. 2008) U kukuřice je běžný rozsah hmotnosti tisíce zrn od 150–600 g.

Dalším hodnoceným znakem je objemová hmotnost, která souvisí s velikostí, tvarem a hmotností zrna. Lze podle ní také usuzovat, zda je zrno vhodné pro sladařské účely. Podle PSOTY a VEJRAŽKY by měla být objemová hmotnost v rozmezí 72–74 kg/hl, čemuž se naměřené hodnoty blíží. Požadavkem na potravinářskou pšenici je 770 g/l, objemová hmotnost u červené pšenice je o dost nižší, z čehož můžeme soudit, že se jedná o vzorek s nižším obsahem bílkovin. Objemová hmotnost u žita by měla být minimálně 710 g/l a u nahého ovesa by se měla pohybovat kolem 640 g/l. (Konvalina et al. 2008, Příhoda et al. 2006)

Posledním hodnoceným parametrem byla sklovitost, přičemž nejvyšší hodnoty jsou u ječmene a u kukuřice a naopak nejnižší u žita.

Tab. 5 *Výsledky stanovení HTZ, objemové hmotnosti, sklovitosti a extraktu u sladů*

	Sladovnický ječmen	Ječmen černý	Pšenice modrá	Pšenice červená	Oves	Žito	Kukuřice
HTZ [g]	36,5	40,8	41,4	36,9	25,44	30,08	307,4
Objemová hmotnost [g/l]	618,2	652,89	654,22	605,03	562,07	589,21	733,56
Sklovitost [%]	8	10	6	5	4	4	10
Extrakt [%]	80,69	82,35	78,97	72,51	87,23	89,62	56,46

Rozdíly v hmotnosti tisíce zrn u jednotlivých sladů jsou dány anatomii obilky a také změnami, které probíhají v zrně během sladování. Čím lépe je slad rozluštěn, tím nižší je hodnota. Podle PSOTY a VEJRAŽKY by se hodnoty HTZ u ječného sladu měly pohybovat v rozmezí 30–38 g v sušině, čemuž oba vzorky ječmene odpovídají. U genotypu Nudimelanocriton je hodnota mírně vyšší, vzhledem k vyšší hodnotě u zrna. U ostatních obilovin je hodnota poměrná k počáteční hodnotě před sladováním zrna.

Z rozdílu objemových hmotností zrna před sladováním a po sladování můžeme usuzovat na rozluštění sladu. U světlých sladů by se hodnota měla pohybovat v rozmezí 54–60 kg a u tmavých 52–55 kg. (Psota et al. 2006) Z výsledků vidíme, že nejlépe rozluštěný je slad ovesný a nejhůře slad kukuřičný. Světlé slady by měly mít moučnatých zrn nejméně 95 %, čemuž odpovídají hodnoty u pšenice, ovsa a žita. Hodnoty u ječmene a kukuřice jsou o něco vyšší, ale i přesto vyhovující.

Průměrná hodnota extraktu u ječmene se pohybuje kolem 82 %, tomu odpovídají oba vzorky. (Hartman 2011) U pšeničných piv se hodnota extraktu pohybuje podobně kolem 80 %, čemuž odpovídá vzorek pšenice modré. U pšenice červené je hodnota extraktu nižší, což může být ovlivněno odrudou. Nejvyšší extrakt dává žito, které může dosahovat hodnot až 91 %. (Briggs 1998) Nízké hodnoty u kukuřice mohou být způsobeny nedostatečným pošrotováním vzorku.

5.2 Vyhodnocení chemické analýzy

Na analytickém přístroji FermentoFlash byly naměřeny hodnoty hmotnostního a objemového alkoholu, skutečného a zdánlivého extraktu, extraktu původní mladiny, relativní hustoty a osmotického tlaku. Dále bylo změřeno u všech vzorků pH, naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 6 a 7.

Tab. 6 Získaná data z přístroje FermentoFlash

	Sladovnický ječmen	Ječmen černý	Pšenice modrá	Pšenice červená	Oves	Žito	Kukuřice
Hmotnostní alkohol [%]	5,22	5,02	5,30	4,5	5,18	5,09	4,59
Objemový alkohol [%]	5,87	5,53	5,69	5,26	5,88	5,64	5,01
Extrakt skutečný [%]	6,68	7,04	6,99	5,68	6,49	7,12	5,22
Extrakt zdánlivý [%]	4,78	5,23	5,12	3,84	4,68	5,13	3,43
Extrakt původní mladiny [%]	13,34	12,56	12,90	11,6	12,48	12,64	11,88
Relativní hustota [%]	1,0168	1,0196	1,0200	1,0115	1,014 4	1,018	1,0117
Osmotický tlak [mOs]	1135	1127	1102	1055	1113	1109	1051

Při přípravě piva bylo vypočítáno sypání sladů, tak, aby se výsledná stupňovitost pohybovala kolem 12 % EPM. Podle Nařízení ES se piva s obsahem původního extraktu mladiny 11–12,99 % řadí do skupiny ležáků s obsahem alkoholu 3,8–6,0 %. Kromě ječného piva, které obsahovalo 13,34 % původního extraktu mladiny, všechny vzorky tomuto rozmezí odpovídaly. Nejnižší hodnota EPM byla naměřena u piva z červené pšenice a z kukuřice. Obsah alkoholu vyhovoval u všech vzorků. Nejvyšší množství objemové alkoholu bylo změřeno u ječmene (5,87 %) a nejnižší u kukuřice (5,01 %). Při porovnání skutečného extraktu byly největší rozdíly mezi žitným pivem

(7,12 %) a kukuřičným pivem (5,22 %). Nejvyšší relativní hustotu měl vzorek modré pšenice (1,0200%) a nejnižší vzorek červené pšenice (1,0115 %). Nejvyšší hodnoty osmotického tlaku dosahovalo ječné pivo (Maltz) a nejnižší hodnoty kukuřice.

Tab. 7 *Naměřené hodnoty pH*

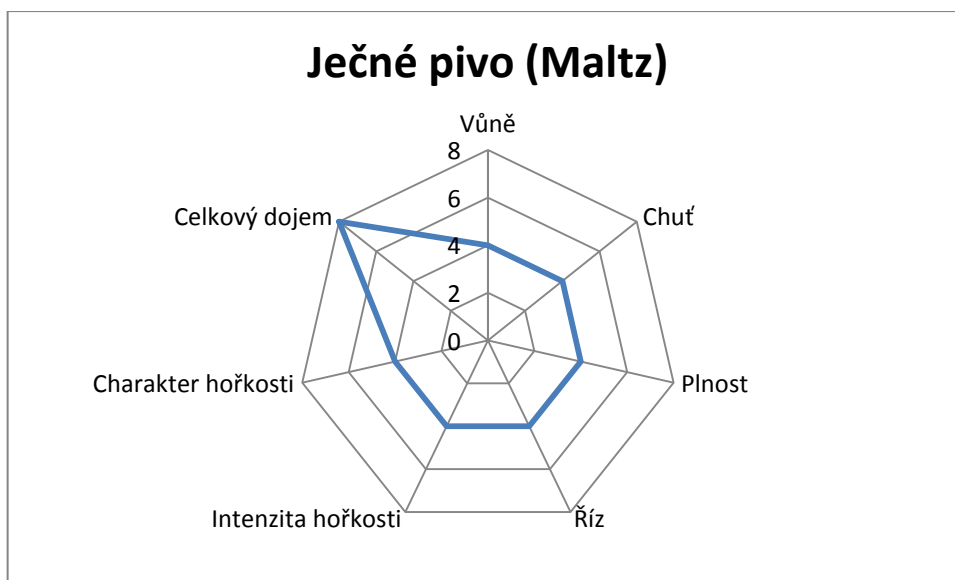
Druhy piv	Hodnota pH
Ječné pivo (Maltz)	4,99
Ječné pivo	5,11
Pšeničné pivo (modrá)	5,08
Pšeničné pivo (červená)	5,38
Ovesné	5,33
Žitné	5,31
Kukuřičné	5,66

Podle legislativních předpisů by se hodnota pH ječného piva měla pohybovat v rozmezí 4,0–4,9, čemuž první vzorek vyhovuje. Druhý vzorek ječného piva má mírně vyšší pH, což je zřejmě způsobeno danou odrůdou. Speciální piva dávají vyšší pH než pivo z ječmene, přičemž nejvyšší hodnoty vykazuje pivo kukuřičné pH 5,66.

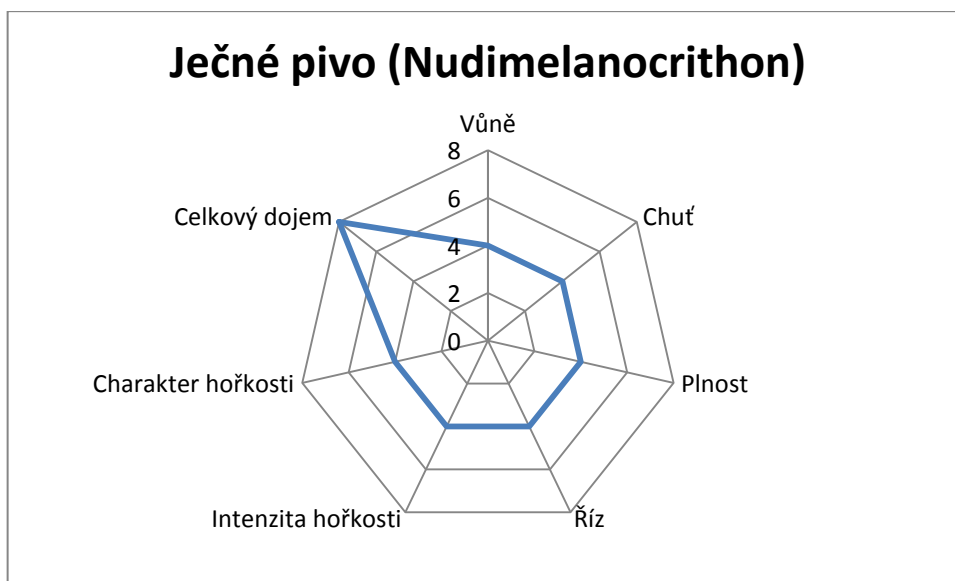
5.3 Vyhodnocení senzorické analýzy

Při senzorické analýze byly hodnoceny deskriptory jako vůně (1 – velmi slabá, 5 – velmi silná), cizí vůně (A – velmi slabá, E – velmi silná), chuť (1 – velmi slabá, 5 – velmi silná), cizí chuť (A – velmi slabá, E – velmi silná), plnost (1 – prázdné, 5 – plné, zaokrouhlené), říz (1 – velmi zvětralé, 5 – příjemné, řízné), intenzita hořkosti (1 – velmi slabá, 5 – velmi silná), charakter hořkosti (1 – velmi jemná, 5 – silně ulpívající) a celkový subjektivní dojem (1 – mimořádně špatný, 5 – mimořádně dobrý).

Graf 1: Hodnocené deskriptory u ječného piva

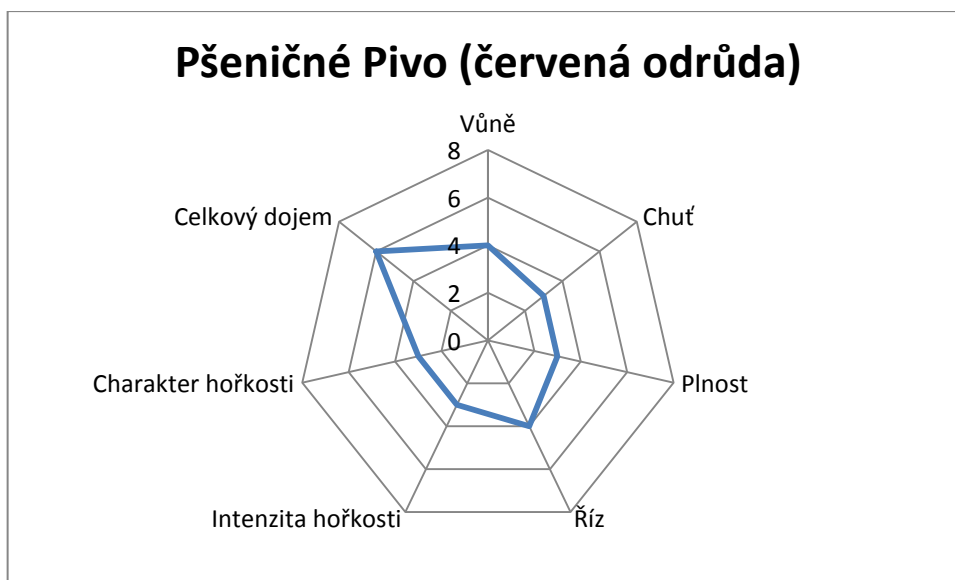


Graf 2: Hodnocené deskriptory u ječného piva

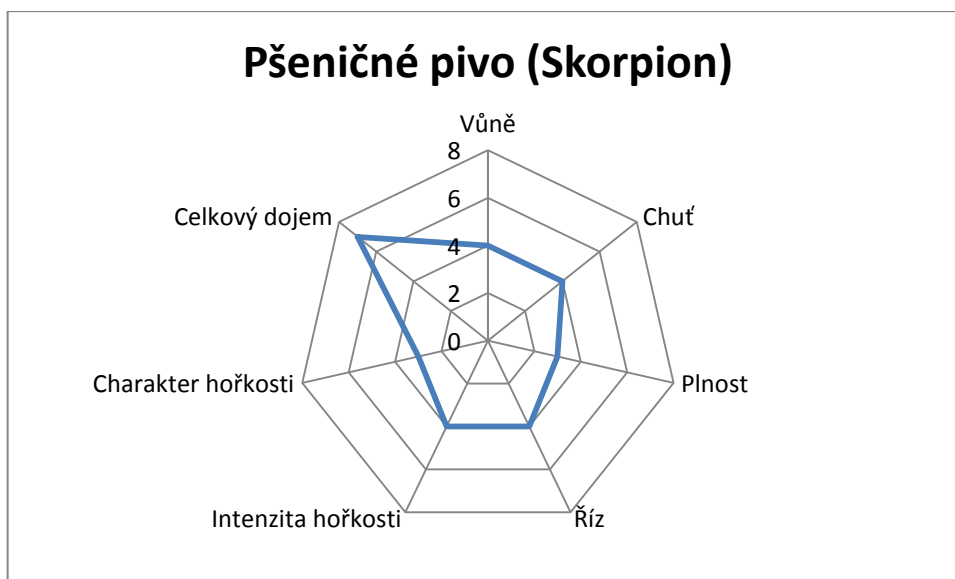


Oba vzorky ječných piv byly hodnoceny podobně. Rozdíl byl v barvě druhého vzorku (černá odrůda ječmene Nudimelanocrithon), která dávala tmavší odstín piva ve srovnání se zkušebním vzorkem. Vůně a chuť u ječných piv byly hodnoceny jako silná a čistá, bez přítomnosti cizích vůní či chutí. Piva byla charakterizována jako plná, řízná, se silnou intenzitou hořkosti a ulpívajícím dozníváním hořkosti. Celkový subjektivní dojem z ječných piv byl velmi dobrý.

Graf 3: Hodnocené deskriptory u pšeničného piva

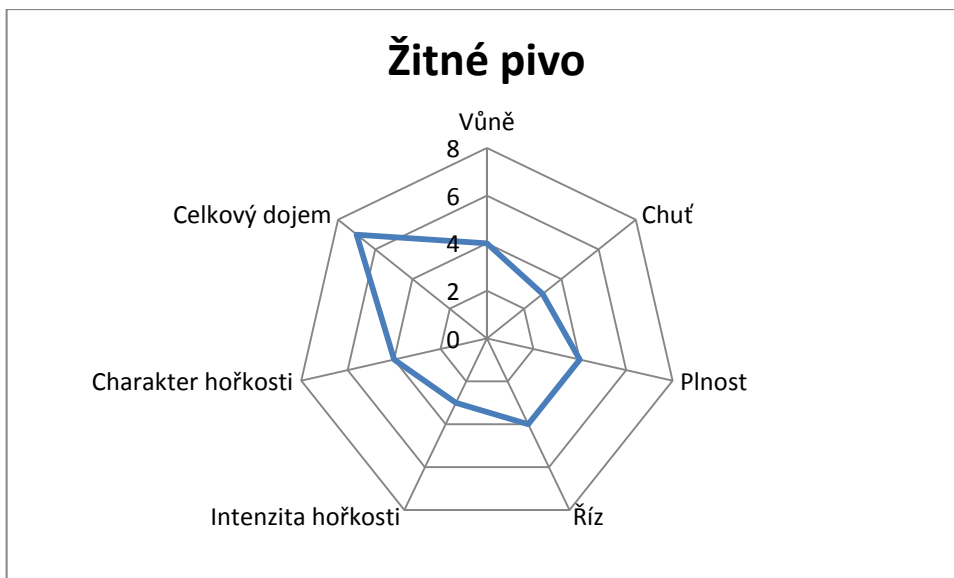


Graf 4: Hodnocené deskriptory u pšeničného piva



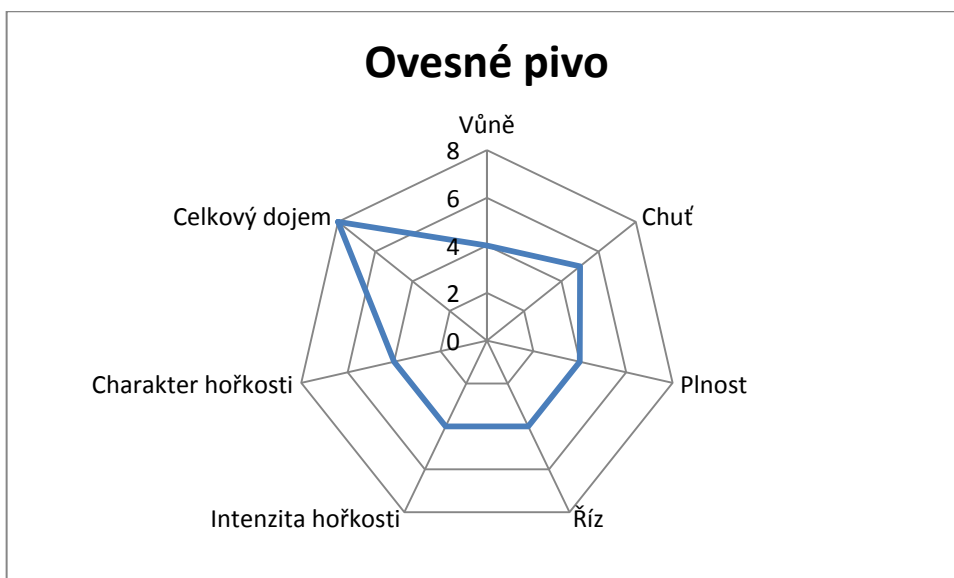
Při hodnocení pšeničných piv dopadla lépe modrá odrůda pšenice, která celkově byla hodnocena jako dobrá. Žádný ze vzorků nevykazoval přítomnost cizích vůní nebo chutí. Vůně a chuť byla u modré odrůdy hodnocena jako silná, u červené odrůdy se vůně hodnotila jako střední. Modrá pšenice se s jakostními znaky (plnost, říz) může srovnat s ječnými pivy.

Graf 5: Hodnocené deskriptory u žitného piva



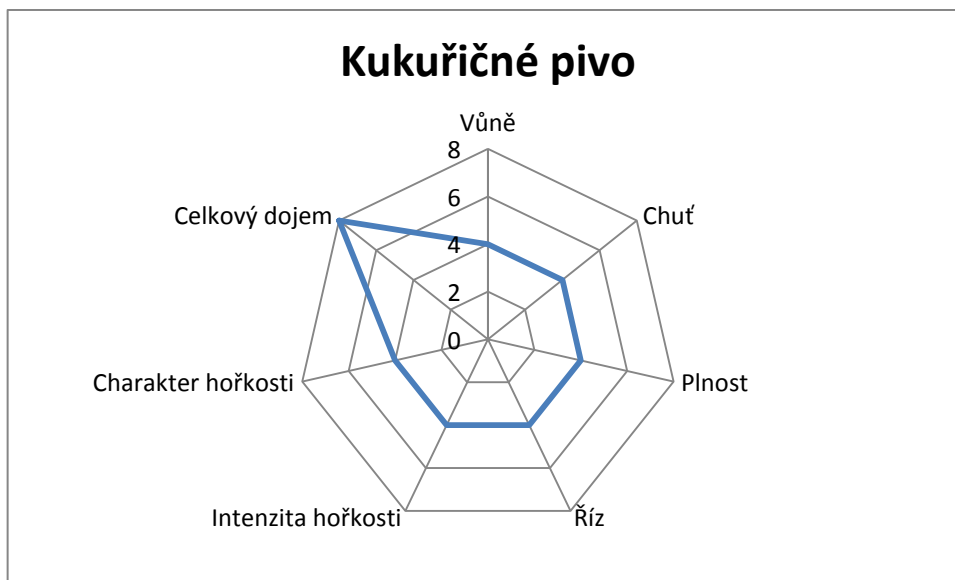
Žitné pivo mělo ze všech hodnocených vzorků nejtmaší barvu, celkový dojem byl popsán jako dobrý, hodnotitele však vzorek příliš nezaujal. Vůně byla silná, avšak chuť byla hodnocena jako střední, ne příliš výrazná. Pivo bylo charakterizováno jako plné, řízné, ale se střední intenzitou hořkosti.

Graf 6: Hodnocené deskriptory u ovesného piva



Ovesné pivo bylo hodnoceno velmi kladně, barva u tohoto vzorku byla tmavší ve srovnání s ječnými a pšeničnými pivy. Vůně byla popsána jako silná a chuť velmi silná. Pivo bylo plné a řízné se silnou intenzitou hořkosti.

Graf 7: Hodnocené deskriptory u kukuřičného piva



Celkově velmi dobře bylo hodnoceno i kukuřičné pivo. Chuť a vůně byly popsány jako silné, typické pro daný druh piva. Chuť tohoto vzorku byla mírně nasládlá. Pivo bylo hodnoceno jako plné a řízné.

Při srovnání všech vzorků byla nejlépe vyhodnocena piva ovesná a kukuřičná, která byla popsána jako plná s typickou chutí a vůní po vyráběném sladu. Naopak nejhůře dopadl vzorek z červené pšenice, jehož celkový subjektivní dojem byl pouze dosti dobrý. Toto pivo bylo málo plné a řízné, se střední intenzitou hořkosti. Při srovnání barvy piv u všech vzorků byla nejvýraznější zlatavě-hnědá barva u žita a nejsvětlejší barvu měla piva kukuřičná. Hodnotitelé při hodnocení nejčastěji udávali silnou vůni a střední až velmi silnou chuť vzorků. Celkový subjektivní dojem byl hodnocen od dosti dobrý až po velmi dobrý.

6 ZÁVĚR

V diplomové práci jsem popsala možnosti výroby speciálních sladů z obilovin jako je ječmen, pšenice, oves, žito a kukuřice, které jsou dále určené k výrobě piva. Jsou zde uvedena jednotlivá kritéria sladů, technologie jejich výroby a využití obilovin, které se ve sladovnictví dnes běžně nepoužívají.

Cílem této práce bylo z výše uvedených obilovin vyrobit slad a z něj v laboratorních podmínkách uvařit pivo. Před samotným sladováním jsem provedla rozборы zrn, při kterých jsem stanovovala několik parametrů (HTZ, objemová hmotnost, sklovitost). Nejvyšší HTZ měla kukuřice (326,6 g), jejíž hodnoty se dosti lišily od ostatních obilovin, a ječmen (49,11 g), u kterého je vyšší hmotnost ovlivněna druhem odrůdy, která má větší a těžší zrna. Nejnížší výsledky dával oves (29,76 g), který má drobné obilky. Nejvyšší hodnoty objemové hmotnosti měla opět kukuřice (847,2 g/l) a modrá pšenice (765,55 g/l). Naopak nejnížší hodnoty byly u ovsu. Dalším hodnoceným parametrem byla sklovitost zrn, která byla nejvyšší u černého ječmene (35 %) a nejnížší u žita (10 %). Stejně parametry se hodnotily následně i u vyrobeného sladu a úměrně odpovídaly hodnotám obilovin, ze kterých byl slad vyroben. Po rozemletí sladu jsem stanovovala extrakt, tedy souhrn všech látek, které za podmínek metody přejdou do roztoku. Nejvyšší hodnotu vykazovalo žito a to až 91 %, naopak nejnížší extrakt měla červená pšenice.

Ze sladů vyrobených v mikrosladovně Mendelovy univerzity jsem následně uvařila pivo. U laboratorních vzorků piv jsem stanovovala pomocí analytického přístroje FermentoStar obsah alkoholu, extrakt, zdánlivý extrakt, stupňovitost piva a také jeho hustotu a osmotický tlak. Všechny vzorky, kromě sladovnického ječmene, byly podle obsahu alkoholu a původního extraktu mladiny (stupňovitosti) zařazeny do skupiny piv typu ležáků. Podle Nařízení ES by tato piva měla obsahovat extrakt původní mladiny v rozmezí 11–12,99 % a obsah alkoholu 3,8–6,0 %, čemuž vzorky odpovídaly. U sladovnického ječmene byla naměřena hodnota extraktu původní mladiny o něco vyšší, a to 13,34 %, obsah objemového alkoholu byl 5,87 %. Po analýze byla u všech vzorků stanovena hodnota pH. U ječného piva by měla odpovídat rozmezí pH 4,0–4,9, čemuž vzorek sladovnického ječmene odpovídal. U speciálních piv jsou hodnoty pH vyšší. U analyzovaných vzorků byly v rozmezí pH 5,08 (pšenice modrá) až 5,66 (kukuřice).

Na závěr byla provedena senzorická analýza vyrobených vzorků speciálních piv. Celkově nejlépe bylo vyhodnoceno pivo z černého ječmene, ovesné a kukuřičné pivo. Pivo vyrobené z odrůdy ječmene Nudimelanocriton, poskytovalo tmavější barvu ve srovnání se sladovnickým ječmenem. Vůně a chuť byly hodnoceny jako silné, pivo bylo celkově charakterizováno jako plné a řízné, se silnou intenzitou hořkosti. Obdobné hodnocení mělo i ovesné pivo, jehož barva byla také vyšší ve srovnání se standardem. Hodnotitelé poukazovali především na plnou chuť tohoto piva. Nejlépe ze všech bylo hodnoceno pivo kukuřičné, které v chuti dávalo slabý sladký tón, který ale nebyl nijak nepříjemný. Pivo bylo plné a řízné, se silnou intenzitou hořkosti. Naopak nejhůře dopadlo pivo z červené pšenice, které mělo nevýraznou chuť a vůni. Pivo bylo charakterizováno jako málo plné a se střední intenzitou hořkosti.

Závěrem lze říci, že výroba piva z jiných druhů obilovin, než jen ze sladovnického ječmene, má v dnešní době velký potenciál. Ve světě je běžná výroba ovesných, žitných a pšeničných piv. Český konzument je však v tomto ohledu velmi konzervativní. Jako nejvhodnější pro přípravu sladu a piva jsem ve své práci vyhodnotila oves a kukuřici a naopak jako nejméně vhodné bych uvedla speciální odrůdy pšenice.

7 PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY

ARENDE E. K. & ZANNINI E., 2013: *Cereal grains for the food and beverage industries*. Woodhead Publishing, Cambridge, 485 s.

BASAŘOVÁ G., 2010: *Pivovarství: teorie a praxe výroby piva*. Vyd. 1. Vydavatelství VŠCHT, Praha, 863 s.

BASAŘOVÁ G., 1992: *Pivovarsko-sladařská analytika 1*. Merkanta, Praha, 385 s.

Belgické pивní styly. 2012: Databáze online [cit. 2015-03-28]. Dostupné na: <http://pivniarchiv.cz/belgicke-pivni-styly/>

BRIGGS D. E., 1998: *Malts and malting*. Blackie Academic, London, 796 s.

CEJPEK K., 2014: Vonné a chuťové složky sladů. *Chemické listy*, 108, 426–435.

CHMELOVÉ ODRŮDY: Databáze online [cit. 2015-04-10], Dostupné na: <http://arixhop.cz/cze/chmelove-odrudy.html>

ČEJKA P., 2006: *Původ chutí a vůní v pivu*. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský. Databáze online [cit. 2015-04-12], Dostupné na: <http://www.beerresearch.cz>

ČERNÝ L. (ed.), 2007: *Jarní sladovnický ječmen – Pěstitelský rádce*. Vydavatelství Kurent, Praha, 40s.

ČESKÉ ODRŮDY CHMELE, 2012: Databáze online [cit. 2015-04-10], Dostupné na: <http://www.czhops.cz/>

DEPRAETERE S. A., DELVAUX F., COGHE S. & DELVAUX F. R., 2004: *Wheat variety and barley malt properties: Influence on haze intensity and foam stability of beat beer*. Databáze online [cit. 2015-03-25]. Dostupné na: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/j.2050-0416.2004.tb00203.x/epdf>

DORNBUSCH H., 2010: *The ultimate almanach of Word beer recipes*. Cerevisia Communications, West Newbury, 244s.

DOSTÁLEK P., 2013: *Sladařství*. Databáze online [cit. 2015-02-26], Dostupné z: <http://www.vscht.cz/kch/download/sylaby/sladarstvi.pdf>

EHRENBERGEROVÁ J. (ed.), 2013: *Semenářské vlastnosti genových zdrojů pšenice a ječmene*, s. 14-16. *Hodnotenie genetických zdrojov rastlín pre výživu a poľnohospodárstvo*. CVRV Piešťany, 2013, 88 s.

FERMENTOFLASH, 2015: Databáze online [cit. 2015-03-28]. Dostupné na: http://funke-gerber.de/FunkeGerber_Flyer_FermentoFlash_d_e_screen.pdf

FERMENTOFLASH – ANALYZÁTOR PIVA: Databáze online [cit. 2015-03-28]. Dostupné na: <http://www.ilabo.cz/produkty/laboratorni-pristroje/analyzator-piva/fermentoflash-analyzator-piva/>

GRULICH V., 2010: *Užitkové rostliny*. Databáze online [cit. 2015-03-10]. Dostupné na: http://is.muni.cz/el/1431/jaro2010/Bi0090/um/Uzitkove_rostliny1.pdf

GUNKEL J., VOETZ M. & RATH F., 2002: *Effect of the malting barley variety (Hordeum vulgare L) on fermentability*. Databáze online [cit. 2015-03-5]. Dostupné na: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/j.2050-0416.2002.tb00561.x/abstract>

HARTMAN I., 2011: Jakost sladovnického ječmene sklizně 2010 v České republice. *Kvasný průmysl*, ročník 57, 371 – 376.

HORÁKOVÁ v., DVOŘÁČKOVÁ O. & MEZLÍK T., 2014: Obiloviny a luskoviny 2014. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Brno.

CHLÁDEK L., 2007: *Pivovarnictví*. Grada, Praha, 215 s.

KLOSE CH. (ed.), 2011: *Brewing with 100% oat malt*. Databáze online [cit. 2015-03-30]. Dostupné na:

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/j.2050-0416.2011.tb00487.x/epdf>

KMENY PIVOVARSKÝCH KVASINEK – NABÍDKA, 2012: Databáze online [cit. 2015-04-11]. Dostupné na:

http://www.beerresearch.cz/index.php?searchword=kmeny+pivovarsk%C3%BDch+k&ordering=&searchphrase=all&Itemid=149&option=com_search&lang=cs

KONVALINA P. (ed), 2008: *Pěstování obilovin a pseudoobilovin v ekologickém zemědělství*. Databáze online [cit. 2015-04-13]. Dostupné na: http://orgprints.org/20810/1/9.f.g_metodika.pdf

KOPÁČOVÁ O., 2007: *Trendy ve zpracování cereálií s přihlédnutím zejména k celozrnným výrobkům*. Databáze online [cit. 2015-03-25]. Dostupné na: http://www.bezpecnostpotravin.cz/UserFiles/File/Kopov_Cerelie%20web.pdf

KOSAŘ K. & PROCHÁZKA S., 2000: *Technologie výroby sladu a piva*. 1. vyd, Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Praha, 398 s.

KUČEROVÁ J., 2004: *Technologie cereálií*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 141 s.

LU J. & LI Y., 2006: *Effects of arabinoxylan solubilization on wort viscosity and filtration when mashing with grist containing wheat and wheat malt*. Databáze online [cit. 2015-02-02]. Dostupné na:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814605004802>

MARTINEK P. (ed), 2012: Skorpion – odrůda ozimé pšenice s modrým zrnem. *Obilnářské listy*, ročník 3, 78–79.

Německé pivní styly. 2012: Databáze online [cit. 2015-03-28]. Dostupné na: <http://pivniarchiv.cz/nemecke-pivni-styly/>

PROKEŠ J., 2012: *Druhy sladů*. Projekt č. JPD 3/263, Pivovarská škola.

PROKEŠ J., 2012: *Hvozdění*. Projekt č. JPD 3/263, Pivovarská škola.

PROKEŠ J., 2012: *Klíčení*. Projekt č. JPD 3/263, Pivovarská škola.

PROKEŠ J., 2012: *Máčení*. Projekt č. JPD 3/263, Pivovarská škola.

PŘIBYLOVÁ P., 2012: *Bezlepková dieta pro praxi*. Databáze online [cit. 2015-03-10]. Dostupné na: <http://www.medicinapropraxi.cz/pdfs/med/2012/02/10.pdf>

PŘÍHODA J., SKŘIVAN P. & HRUŠKOVÁ M., 2006: *Cereální chemie a technologie I*. Vydavatelství VŠCHT Praha. 200s.

PSOTA V., 2001: *Význam odrůdy ječmene pro sladovnický průmysl*. Databáze online [cit. 2015-03-5]. Dostupné na: <http://www.agris.cz/clanek/109963>

PSOTA V. & VEJRAŽKA K., 2006: Fyzikální vlastnosti obilek ječmene a zrn sladu. *Kvasný průmysl*, roč. 52, 148-150.

RAVOZ, spol. s.r.o. *Mikrosladovna*. Dostupné na:
<http://www.ravoz.cz/pdf/mikrosladovna.pdf>

SCHNITZENBAUMER B. & ARENDT E. K., 2013: *Effect of unmalted oats (Avena sativa L.) on the quality of high-gravity mashes and worts without or with exogenous enzyme addition*. Databáze online [cit. 2015-03-30]. Dostupné na:
<http://link.springer.com/article/10.1007/s00217-013-2105-8>

SCHNITZENBAUMER B., KASPAR J., TITZE J. & ARENDT E. K., 2013: *Implementation of commercial oat and sorghum flours in brewing*. Databáze online [cit. 2015-03-30]. Dostupné na: <http://link.springer.com/article/10.1007/s00217-013-2129-0>

SLAD, 2012: Databáze online [cit. 2015-03-20], Dostupné z: <http://www.svet-piva.cz/clanky-o-pivu/2012/10/12/slاد/>

ŠAVEL J., 2002: *Várečné kvasnice I*. Databáze online [cit. 2015-04-11]. Dostupné na:
<http://www.pivnidenik.cz/clanek/287-Varecne-kvasnice-I/index.htm>

ŠILHA J. & POLÁKOVÁ M., 2015: *Odrůdy, které pěstitele nezklamou*. Databáze online [cit. 2015-04-07]. Dostupné na: http://www.soufflet-agro.cz/data/xinha-file/clanky_SA/zemedelec_05_jariny.pdf

ŠNAJDR J., 2013: *Nakuřovaný slad na rašelině*. *Pivo, Bier & Ale*, ročník 3, 44–47.

TAYLOR J. R. N., DLAMINI B. C. & KRUGER J., 2013: *125th Anniversary review: The science of the tropical cereals sorghum, maize and rice in relation to lager beer brewing*. Databáze online [cit. 2015-03-8]. Dostupné na:
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jib.68/epdf>

VACULOVÁ K. (ed), 2010: *Hodnocení kvality zrna vybraných vzorků netradiční pšenice a bezpluchého ječmene*. *Obilnářské listy*, ročník 3, 71–76.

WEYERMANN S., 2011: Bez sladu žádné pivo neuvaříte. *Pivo, Bier & Ale*, ročník 1, 30–31.

ZIMOLKA J., 2006: *Ječmen – formy a užitkové směry v České republice*. Profi Press, Praha, 200 s.

ŽATECKÝ CHMEL, 2007: Databáze online [cit. 2015-04-10], Dostupné na: http://www.zateckychmel.eu/index_cz.html

8 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

Obr. 1 Schéma Saladinovy skříně.....	17
Obr. 2 Schéma jednolískového hvozdu s pevnou lískou.....	19
Obr. 3 Příklady některých typů sladů.....	20
Obr. 4 Mikrosladovna Mendelovy univerzity.....	37
Obr. 5 Technologie máčení u ovsa.....	39
Obr. 6 Teplotní průběh klíčení u ovsa.....	39
Obr. 7 Průběh teplot při hvozdní ovsa.....	40
Obr. 8 Přístroj FermentoFlash od firmy FunkeGerber.....	43
Graf 1 Hodnocené deskriptory u ječného piva.....	51
Graf 2 Hodnocené deskriptory u ječného piva.....	51
Graf 3 Hodnocené deskriptory u pšeničného piva.....	52
Graf 4 Hodnocené deskriptory u pšeničného piva.....	52
Graf 5 Hodnocené deskriptory u žitného piva.....	53
Graf 6 Hodnocené deskriptory u ovesného piva.....	53
Graf 7 Hodnocené deskriptory u kukuřičného piva.....	52

9 SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Jakostní ukazatele sladovnického ječmene.....	31
Tab. 2 Parametry přístroje FermentoFlash.....	44
Tab. 3 Přehled organoleptických vjemů v pivu.....	46
Tab. 4 Výsledky stanovení HTZ, objemové hmotnosti a sklovitosti u obilovin.....	47
Tab. 5 Výsledky stanovení HTZ, objemové hmotnosti, sklovitosti a extraktu u sladu.....	48
Tab. 6 Získaná data z přístroje FermentoFlash.....	49
Tab. 7 Naměřené hodnoty pH.....	50

10 PŘÍLOHY

Příloha 1 Degustační protokol

BODOVÉ HODNOCENÍ PIVA				Jméno:		
Zdravotní stav:				Datum a čas:		
Stabilita pěny:				Výška pěny (mm):		
Kvalita pěny:	řídka	střední	hustá	Slovní popis:		
Uvolňování CO ₂ :	silné	střední	slabé	téměř žádné		
Čiřost:	čiré	opalescence	zákal	sedlina		
Znak jakosti	Body	Slovní charakteristika	1	2	3	4
Vůně	5	velmi silná				
	4	silná				
	3	střední				
	2	slabá				
	1	velmi slabá				
Cizí vůně	E	velmi silná				
	D	silná				
	C	střední				
	B	slabá				
	A	velmi slabá				
Chuť	5	velmi silná				
	4	silná				
	3	střední				
	2	slabá				
	1	velmi slabá				
Cizí chuť	E	velmi silná				
	D	silná				
	C	střední				
	B	slabá				
	A	velmi slabá				
Plnost	5	plné, zaokrouhlené				
	4	plné				
	3	málo plné				
	2	nezaokrouhlené				
	1	prázdné				
Říz	5	příjemné, řízné				
	4	řízné				
	3	málo řízné				
	2	velmi řízné				
	1	extrémně řízné				
Intenzita hořkosti	5	velmi silná				
	4	silná				
	3	střední				
	2	slabá				
	1	velmi slabá				
Charakter hořkosti (doznívání)	5	silně ulpívající				
	4	ulpívající				
	3	mírně ulpívající				
	2	jemná				
	1	velmi jemná				
Celkový subjektivní dojem	9	mimořádně dobrý				
	8	velmi dobrý				
	7	dobry				
	6	dosti dobrý				
	5	střední				
	4	dosti špatný				
	3	špatný				
2	velmi špatný					
1	mimořádně špatný					