

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra technologických zařízení staveb



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Optimalizace objemu výstřelkové vody při vyslazování mláta
pro různé typy piva**

Diplomová práce

**Bc. Anežka Prokopiusová
Kvalita potravin a zpracování zemědělských produktů**

Vedoucí práce: doc. Ing. Ladislav Chládek, CSc

© 2024 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Optimalizace objemu výstřelkové vody při vyslazování mláta pro různé typy piva" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 19.4.2024

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala panu doc. Ing. Ladislavu Chládkovi, CSc, za odborné a podporující vedení diplomové práce a cenné rady. Velmi děkuji své rodině a blízkým přátelům za podporu.

Optimalizace objemu výstřelkové vody při vyslazování mláta pro různé typy piva

Souhrn

Diplomová práce se zabývala procesem scezování a vyslazování mláta u různých typů piv ve spolupráci s Experimentálním a demonstračním pivovarem Výukového centra zpracování zemědělských produktů Fakulty agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů. Cílem diplomové práce bylo ověřit vliv mletí sladu na zisk extraktu rmutováním. Dalším cílem bylo prokázat vliv objemu vyslazovací vody při scezování na zisk extraktu u třech typů piv. Třetím cílem bylo prokázat vliv objemu vyslazovací vody na zbytkový extrakt v mlátě. V literární rešerši byl popsán proces výroby sladu a druhy sladu, jež jsou vyráběny a používány v pivovarnictví. Dále se práce zabývala kvalitativními parametry sladu a v rámci kvalitativních ukazatelů byly popsány mechanické, fyzikální, chemické a mikrobiologické parametry sladu. Důležitou částí literární rešerše byla kapitola o mletí sladu a o procesu získání zkvasitelného extraktu ze sladu čehož se týkala i praktická část práce. Také byl popsán proces výroby piva a systematika pivních stylů.

V praktické části byl měřen extrakt u předku (nejkoncentrovanější část sladiny jež byla získána scezováním), u vyslazovacích vod, jež napomohly k zisku zbytkového extraktu z mláta a u získané mladiny. Z tohoto měření bylo zjištěno, že extrakt u předku byl pro všechny piva stejný. Při procesu vyslazování se lišil extrakt u první vyslazovací vody mezi pivy Amber (Brown Ale) a Solaris (American Pale Ale) a mezi pivy Navoněná 10 IPA (India Pale Ale) a Solaris. U druhé vyslazovací vody se lišil extrakt mezi pivy Amber a Navoněná 10 a mezi pivy Solaris a Navoněná 10. U třetí vyslazovací vody nebyl statisticky významný rozdíl v extraktu mezi pivy. Nejnižší extrakt v mladině byl naměřen u piva Solaris, což také bylo dáno množstvím sladu použitého na várku piva. U použitých sladů pro tři typy piva byl ověřován vliv hrubosti mletí na zisk extraktu kongresním rmutováním, kdy bylo potvrzeno u dvou ze tří piv, že jemnějším mletím je získán vyšší extrakt kongresní sladiny, než je tomu u hrubšího mletí. U piva Solaris byl získán extrakt 13,5 % hm. a u piva Navoněná 10 13,7 % hm. u jemnějšího mletí (1,70 mm). Nicméně u piva Amber Brown Ale, kde převažoval slad Red X toto nebylo potvrzeno, naopak byl získán extrakt 14,3 % hm. u hrubšího mletí (1,85 mm). V praktické části byl zjišťován vliv vyslazovací vody na zbytkový extrakt v mlátě, kde se potvrdila silná záporná korelace mezi objemem vyslazovací vody a extraktem v mlátě. Což znamená čím více je použito vyslazovací vody, tím nižší je zbytkový extrakt v mlátě.

Klíčová slova: sladina, vyslazování, mláto, výstřelková voda, extrakt

The optimisation of the sparging water volume for different kind of beer

Summary

This master thesis dealt with the process of mashing and sparging of the mash for different types of beers in cooperation with the Experimental and demonstrational Brewery of the Teaching Centre for Processing of Agricultural Products of the Faculty of Agrobiolgy, Food and Natural Resources. The aim of the thesis was to verify the effect of malt milling on extract gain by mashing. Another objective was to demonstrate the effect of the volume of the mashing water during the lautering process on the extract gain of three different types of beers. The third objective was to demonstrate the effect of the volume of the sparging water on the residual extract in the mash. The literature search described the malting process and the types of malt produced and used in brewing. Furthermore, the paper dealt with the qualitative parameters of malt and the mechanical, physical, chemical and microbiological parameters of malt. An important part of the literature search was the chapter on milling of malt and the process of obtaining fermentable extract from malt which was also covered in the practical part of the thesis. The beer production process and the systematics of beer styles were also described.

In the practical part, the extract was measured for the mash (the most concentrated part of the wort obtained from the mashing process), for the sparging waters that helped to obtain the residual extract from the mash and for the wort obtained. From this measurement it was found that the extract of the ancestor was the same for all the beers. During the sparging process, the extract of the first sparging water differed between Amber (Brown Ale) and Solaris (American Pale Ale) and between Navoněná 10 IPA (India Pale Ale) and Solaris. For the second sparging water, the extract differed between Amber and Navoněná 10 and between Solaris and Navoněná 10. For the third sparging water, there was no statistically significant difference in extract between the beers. The lowest extract in the wort was measured for the Solaris APA, which was also due to the amount of malt used per batch. For the malts used for the three types of beer, the effect of grind coarseness on extract gain by congealing was verified, where it was confirmed for two of the three beers that a finer grind yielded a higher extract of congealed wort than a coarser grind. For the Solaris beer, an extract of 13,5 % w/w was obtained and for the Navoněná 10 beer 13,7 % w/w for the finer grind (1,70 mm). However, this was not confirmed for the Amber Brown Ale, where Red X malt predominated, but an extract of 14,3 % w/w was obtained for the coarser grind (1,85 mm). In the practical part, the influence of the sparging water on the residual extract in the mash was investigated, where a strong negative correlation between the volume of sparging water and the extract in the mash was confirmed. That is, the more sparging water used, the lower the residual extract is in the mash.

Keywords: wort, sparging, spent grains, sparging water, extract

Obsah

1 Úvod	8
2 Vědecká hypotéza a cíle práce	9
3 Literární rešerše	10
3.1 Výroba a zpracování sladu	10
3.2 Druhy sladů	13
3.2.1 Základní slady.....	13
3.2.2 Speciální slady	14
3.2.3 Náhražky sladů.....	16
3.3 Slad a jeho kvalitativní ukazatele	18
3.3.1 Základní jakostní parametry	20
3.3.2 Mechanické a fyzikální parametry sladu	21
3.3.3 Chemické složení sladu	22
3.3.4 Mikrobiologický stav sladu	23
3.4 Šrotování sladu a zisk extraktu.....	25
3.4.1 Šrotování sladu	25
3.4.2 Zisk extraktu ze sladu.....	26
3.4.3 Vlastnosti extraktu	29
3.5 Výroba piva.....	30
3.6 Pivní styly.....	35
3.6.1 Ležáky.....	35
3.6.2 Piva typu Ale	36
4 Metodika	38
4.1 Technická specifikace experimentálního pivovaru FAPPZ	38
4.2 Měření extraktu předku, vyslazovací vody a celkového objemu mladiny	40
4.3 Kongresní rmutování – vliv hrubosti sladu na zisk extraktu	41
4.4 Měření zbytkového extraktu v mlátě po kongresním rmutování.....	42
4.5 Statistická analýza	43
5 Výsledky	44
5.1 Stanovení extraktu u předku, vyslazovací vody a mladiny	44
5.2 Vliv hrubosti sladu na zisk extraktu.....	48
5.3 Stanovení zbytkového extraktu v mlátě	49
6 Diskuse	50
7 Závěr	53
8 Literatura	54

1 Úvod

Pivo je slabě alkoholický nápoj, který má nejen v Čechách velkou tradici. Jedná se třetí nejkonzumovanější nápoj na světě, hned po vodě a čaji (Liguori et al. 2020). Celosvětová produkce piva v roce 2020 činila přibližně 1,8 miliardy hektolitrů (Becker et al. 2023). Tento nápoj je ceněn pro své sensorické vlastnosti, ale také z nutričního hlediska, kdy pivo obsahuje aminokyseliny, peptidy, vitamíny skupiny B, fenolické sloučeniny a další biologicky aktivní látky (Liguori et al. 2020). Pivo lze definovat jako nápoj zahrnující použití sladu, chmelu, kvasnic a vody (Carvalho et al. 2016). Kvašení probíhá za přítomnosti vybraných kmenů pivovarských kvasinek, kdy zdrojem zkvasitelných cukrů je škrob obsažený v ječmeni (Chládek 2007). Od konce devatenáctého století se technologie piva značně vyvinula, v dnešní době jde o proces s řízenou technologií, díky čemuž je možné zajistit konzistentní kvalitu piva (Bamforth 2017).

Proces vaření piva je velmi energeticky náročný a také využívá značné množství vody při jeho výrobě (Olajire 2020). K výrobě piva se využívá mnoho vody i mimo samotnou varní vodu použitou na výrobu piva, ale také k mytí, čištění a sterilizaci, díky čemuž vzniká také velké množství odpadní vody (Olajire 2020). A proto tato práce se zabývá objemem vyslazovací vody, což ve větším měřítku než ve výzkumném pivovaru, může znamenat hektolitry vody. Vyslazovací voda je nezbytná k získání nejdůležitější složky ze sladu, a to sladového extraktu. Jedná se nejdůležitější ekonomický ukazatel sladu (Basařová et al. 2021). Extrakt je získán rmutováním, kdy jsou složky zrn přeměňovány na zkvasitelné pomocí enzymatické hydrolýzy za přítomnosti enzymů pocházejících ze sladu (Kok et al. 2019). Rmutováním je získávána sladina, jež obsahuje fermentovatelné extrakty z rozkladu škrobu, bílkovin a dalších látek (Kok et al. 2019). Vyslazovací voda je využívána v procesu scezování následujícím po rmutování. Poté, co je zfiltrována první nejkoncentrovanější část sladiny (předek) při scezování, je nutné využít vyslazovací vody pro získání zbytkového extraktu z mláta, protože v mlátě je po stékání předku obsaženo velké množství extraktu (Chládek 2007). Vyslazování mláta je opakováno, dokud stupňovitost posledních výstřelků je nad 1 % hm. (Chládek 2007). Kritériem pro objem vyslazovací vody je také požadovaná stupňovitost mladiny (Chládek 2007). V této práci se pojednává o vlivu hrubosti mletí na získání extraktu ze sladu. Při šrotování je zvětšen povrch, díky čemuž je možné lepší rozpouštění v horké vodě a přístup hydrolytických enzymů (Fox & Bettenhausen 2023). Při hrubém mletí mohou být přítomna neporušená zrna či velké fragmenty, což může způsobit horší extraktivnost a tím pádem horší výtěžnost při rmutování.

Praktická část se zabývá měřením extraktu u předku, vyslazovací vody v průběhu výroby a mladiny v průběhu času. Dále se zabývá vlivem objemu vyslazovací vody na obsah extraktu v mlátě a vlivem, který má mletí na získání extraktu, za použití kongresního rmutování.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Cílem diplomové práce bylo měření a optimalizace objemu výstřelkové (vyslazovací) vody, jež byla potřeba k vyslazování mláta v závislosti na typu piva. Dále byl měřen extrakt během vyslazování. Dalším cílem práce bylo prokázat vliv mletí na zisk extraktu.

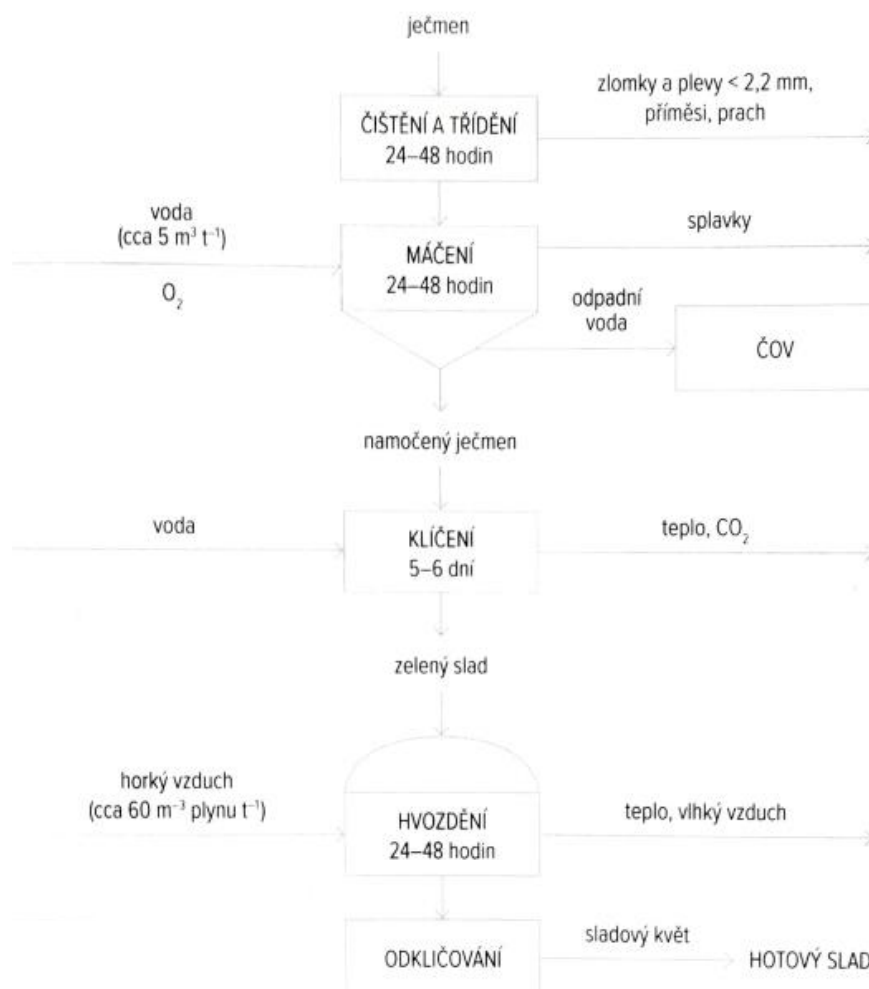
Hypotéza č. 1: Objem výstřelků při várce mladiny a jejich extrakt je závislý na typu sladu a hrubosti jeho našrotování.

Hypotéza č. 2: Objem vyslazovací vody (vody použité na výstřelky) souvisí s obsahem zbytkového extraktu v mlátě.

3 Literární rešerše

3.1 Výroba a zpracování sladu

Výroba sladu je proces, při kterém probíhají strukturální, fyzikální, chemické, biochemické a enzymové změny v zrně (Basařová et al. 2023). Tyto změny jsou dány genetickými vlastnostmi suroviny, klimatickými podmínkami v daném roce a závisí na použitých technologických postupech a zařízeních (Basařová et al. 2023). Cílem sladování je přeměna bílkovin a škrobu, jež není rozpustný ve vodě, na substrát, který je možné rozpustit a extrahovat horkou vodou (Carvalho et al. 2016). Proces sladování spočívá v máčení, klíčení a hvozdění (sušení) naklíčených zrn v kontrolovaných podmínkách různých teplot a vlhkostí (viz Obrázek č. 1) (Farzaneh et al. 2017). Počátek výroby sladu spočívá v máčení zrna, načež je zrna po namáčení uchovávána při kontrolované teplotě, vlhkosti a proudění vzduchu po dobu čtyř dnů za občasného promíchání zrna (Schmitt & Budde 2010). Hlavním účelem klíčení je syntéza hydrolytických enzymů, jež jsou potřebné pro rozklad buněčné stěny, bílkovin a sloučenin škrobu obsažených v endospermu (Farzaneh et al. 2017). Během odbourávání buněčné stěny dochází k degradaci nežádoucích látek, jež zvyšují viskozitu a zhoršují filtrovatelnost piva, jedná se o bílkoviny, β -glukany, pentozany, gumovité látky aj. (Kinčl 2022). Díky odbourávání buněčných stěn jsou zpřístupněny škrobové granule pro činnost enzymů během rmutování, dále důsledkem degradace buněčných stěn je křehnutí zrna (Kinčl 2022). V posledním kroku výroby sladu, a tedy hvozdění dochází působením vysokých teplot kromě vysoušení také k tvorbě aromatických chuťově aktivních látek (Kinčl 2022). Dle průběhu hvozdění a teplotě sušícího vzduchu se odlišují vlastnosti jednotlivých druhů sladu, jedná se především o barvu, kdy u výroby karamelových a barvicích sladů je po hvozdění zařazen navíc proces pražení (Kinčl 2022). Tvorba sensoricky aktivních látek je dána technologií máčení a klíčení, tudíž od začátku sladování je potřeba nastavit výrobu podle druhu vyráběného sladu (Kinčl 2022). Při hvozdění (sušení) jsou zastaveny všechny biologické a biochemické procesy v zrnech, čímž se zakonzervují požadované vlastnosti sladu (Kinčl 2022).



Obrázek č. 1 Schéma výroby sladu (Basařová et al. 2023)

Počátečním procesem ve sladování je čištění a třídění zrna, je to důležité proto, aby hotový produkt obsahoval minimum kontaminujících látek, jež by mohly ovlivnit kvalitu a chuť piva (Rani & Bhardwaj 2021). Nejprve jsou zrna předčištěna pro odstranění hrubých nečistot, následně jsou odstraněny zlomky zrn, zrna menších velikostí či semena plevelů (Rani & Bhardwaj 2021). Následně jsou instalovány pro odstranění lehkého materiálu čističe a separátory, případně zařízení k odstranění kamenů (Rani & Bhardwaj 2021). Poté jsou zrna roztříděna na sítích dle velikosti, nejprve zrna větší než 2,5 mm, poté v rozmezí 2,5 – 2,2 mm a menší než 2,2 mm, či zlomená zrna, jež jsou použita jako krmivo (Rani & Bhardwaj 2021).

Po čištění a třídění zrn ječmene následuje důležitá fáze výroby sladu a tím je máčení, tento proces zajišťuje příjem vegetační vody zrnem (Basařová et al. 2023). Namáčení trvá 2 až 4 dny, při kterých je nutné provzdušňování a odvod CO_2 (Rani & Bhardwaj 2021). Nedostatek kyslíku může způsobit mikrobiální růst a zvýšení kyselosti, avšak nadměrné provzdušňování vede k nežádoucímu růstu a ztrátě škrobu (Rani & Bhardwaj 2021). Vegetační voda je podstatná pro klíčení, aby proběhly metabolické procesy v zrně, jež povedou k optimálnímu cytolytickému a proteolytickému rozluštění (Basařová et al. 2023). Dále je nezbytná pro syntézu a aktivaci enzymů, jež se účastní změn v zrně během klíčení, ale i pro enzymy potřebné

k přípravě mladiny, jako jsou amylytické enzymy zajišťující štěpení škrobů na zkvasitelné cukry (Basařová et al. 2023). Pro tyto procesy musí obsahovat zrno alespoň 40-44 % vody pro světlé slady a 45-48 % pro slady tmavé (Basařová et al. 2023).

Dalším krokem je klíčení zrn, při kterém jsou syntetizovány a aktivovány enzymy a je docíleno požadovaného rozluštění, což vede ke zvýšení požadované křehkosti (Kosař et al. 2000; Farzaneh et al. 2017). Při klíčení se degradují β -glukany (β -glukanázou), což je podstatné, protože při nadbytku β -glukanů narůstá viskozita mladiny, a to negativně ovlivňuje vlastnosti piva (Fox & Bettenhausen 2023). Dále se uvolňují během klíčení enzymy α a β -amylázy nezbytné pro rozklad škrobu na amylozu a amylopektin (Fox & Bettenhausen 2023). Rozluštění zrna cytolytické i proteolytické je důležitým kritériem při výrobě různých druhů sladů, což určuje kvalitu a vlastnosti u jednotlivých druhů piv (Basařová et al. 2023). Pojem rozluštění je míněno rozštěpení vysokomolekulárních látek na štěpné produkty, jde o rozštěpení buněčných stěn, škrobových zrn a bílkovinných řetězců (Kosař et al. 2000). Klíčení trvá 3-6 dní dle podmínek procesu a suroviny, při klíčení je relativní vlhkost vzduchu téměř 100 % a teplota se pohybuje v rozmezí 12-19 °C v závislosti na využití odrůdě (Farzaneh et al. 2017; Rani & Bhardwaj 2021). Klíčení se projevuje tvorbou kořínků na bazální části zrna a vývinem střelky, s postupujícím klíčením vyrůstají hlavní a vedlejší kořínky (Basařová et al. 2023). Střelka proroste oplodí a osemení a roste pod pluchou směrem ke špičce zrna, tyto orgány se musí vyvinout při klíčení, ale jen do určité míry, protože ovlivňují sladovací ztráty a kvalitu sladu (Basařová et al. 2023). Kořínky je třeba z usušeného sladu odstranit, protože zvyšují sladovací ztrátu, ale látky nakumulované ve střelce přímo ovlivňují pěnu, chuť ale i stabilitu piva (Basařová et al. 2023). Naklíčené zrno se označuje také jako zelený slad, následuje proces hvozdění (Rani & Bhardwaj 2021). Klíčení probíhalo dříve na humnech, v současnosti probíhá na pneumatických bubnových klíčidlech, skříňových klíčidlech, Saladinově či Lausmannově skříni či v kruhových skříňových klíčidlech uspořádaných vertikálně nad sebou (Chládek 2007).

Následnou a finální fází je hvozdění, kdy je zelený slad nejprve předsušen při teplotách do 60 °C, následně je vyhřát a dosušen při teplotách 80 až 105 °C (Kosař et al. 2000). Cílem je převedení zeleného sladu do stabilního stavu, při kterém se zastaví životní a lušticí pochody v zrně a tvoří se barevné a aromatické látky, typické pro různé druhy sladů (Kosař et al. 2000). Obsah vody je při hvozdění snížen ze 42 % na 4,5-4,6 % u světlých sladů a 1,5-2 % u tmavých sladů (Basařová et al. 2023). Hvozdění sladu má tři fáze, první z nich je růstová fáze, při které je obsah vody v zrně nad 20 % a teplota do 40 °C, zrno je stále schopné klíčit (Basařová et al. 2023). Druhá fáze se nazývá enzymová, při této fázi je obsah vody pod 20 %, teplota se pohybuje mezi 40-60 °C, vegetační procesy se zastavily, ale enzymové procesy pokračují dále (amylytická, proteolytická a částečně cytolytická aktivita (Basařová et al. 2023). Třetí fází je chemická fáze, při níž obsah vody v zrně klesl pod 10 %, teplota se pohybuje nad 60 °C a enzymové reakce byly zastaveny, nicméně probíhají chemické reakce vedoucí k tvorbě chuťových a barevných látek (Basařová et al. 2023). Během tepelné úpravy probíhá Maillardova reakce, při které spolu reagují redukující sacharidy s aminosloučeninami a neenzymatické hnědnutí, což přispívá k barvě sladu

(Carvalho et al. 2016; Basařová et al. 2023). Speciální slady nejsou vyráběny kvůli obsahu enzymů, ale pro zlepšení barvy a chuti piva, proto se používají v malém množství v kombinaci se světlými slady (Carvalho et al. 2016). Díky intenzitě tepelného zatížení při hvozdění či pražení mají speciální slady nižší obsah zkvasitelných cukrů a aminokyselin kvůli Maillardově reakci a karamelizaci (Carvalho et al. 2016; Basařová et al. 2023). Dle barvy lze klasifikovat ječný slad jako světlý (ležácký) a tmavý (speciální) (Carvalho et al. 2016). Světlé slady jsou hlavní surovinou pro výrobu piva a jsou zahřívány na teplotu od 75 do 95 °C, obvykle jsou tyto slady sušeny v běžných sušárnách a je důležité, aby zrno mělo vlhkost okolo 4 až 5 % pro zajištění stability při skladování (Carvalho et al. 2016). Tmavé slady se dělí na barevné pivovarské slady, karamelové slady a pražené slady (Carvalho et al. 2016). Barevné slady jsou získávány při teplotě do 105 °C, karamelové a pražené slady se získávají pražením zeleného sladu při teplotách do 160 °C (Carvalho et al. 2016). Po hvozdění je nutné odstranit vysušené kořínky kvůli jejich hygroskopické povaze (Rani & Bhardwaj 2021). Před skladováním se slad nechává zrát po dobu minimálně tří týdnů, kdy je potřeba aby se rovnoměrně rozložila zbytková vlhkost v celém zrnu (Rani & Bhardwaj 2021). Pro proces sladování je nezbytná regulace vlhkosti, teploty a času, aby nedocházelo k tvorbě nežádoucích chemických látek a k denaturaci termolabilních enzymů (Rani & Bhardwaj 2021).

3.2 Druhy sladů

3.2.1 Základní slady

Celosvětově se vyrábějí světlé slady plzeňského typu pro světlá piva a pro tmavá piva slady mnichovského typu (Basařová et al. 2021). Mezistupněm mezi sladem plzeňského typu a mnichovského typu je slad vídeňský (Basařová et al. 2023). Další typy sladů se vyrábí pro zvýraznění určitých kvalitativních a specifických vlastností základních typů sladů (Basařová et al. 2021). Přehled jakostních ukazatelů pro základní a speciální druhy sladů viz Tabulka č. 1. Pro výrobu ječných sladů se využívají především jarní ječmeny (Basařová et al. 2021). Typ sladu je dán technologickým postupem výroby příslušného sladu a druh sladu je dán surovinou, ze které se slad vyrábí (Basařová et al. 2023). Na Obrázku č. 2 jsou zobrazeny různé druhy sladu používané v českém pivovarnictví.

Slad plzeňského typu je využíván pro výrobu ležácků, konzumních piv či různých pivních speciálů (Basařová et al. 2023). Vyznačuje se nižší hodnotou barvy kongresní sladiny, přiměřeným proteolytickým rozluštěním, dostatečnou aktivitou amylolytických enzymů důležitých pro dokonalé zcukření rmutů a sladiny (Basařová et al. 2023).

Vídeňský slad je přechodným typem mezi světlými a tmavými slady, má až dvakrát vyšší hodnotu barvy než plzeňský slad (Basařová et al. 2023). Tento typ byl používán pro zvýšení sytosti barvy světlého piva, dnes je využíván pro výrobu speciálů (Basařová et al. 2023).

Tmavý mnichovský slad je využíván pro přípravu tmavých piv, má vyšší hodnotu barvy kongresní sladiny, vyšší obsah bílkovin, výrazné aroma, nižší extraktivnost a aktivitu enzymů (Basařová et al. 2023).



Obrázek č. 2 Různé typy a druhy sladů včetně základních a speciálních sladů (vlastní zdroj)

3.2.2 Speciální slady

Vyrábí se také speciální slady k výrobě tmavých a speciálních piv, liší se od světlých a tmavých sladů svou enzymovou aktivitou, redoxní kapacitou, kyselostí či barvou (Basařová et al. 2023). Kvůli vystavení vyšším teplotám během procesu sladování mají tyto slady nižší obsah živin a nižší aktivitu enzymů, než světlé slady (Prado et al. 2021). Proto se přidávají v menším množství ke sladům plzeňského typu pro zvýraznění barvy a chuti, díky čemuž je možné vyrobit celou řadu piv různých pivních stylů (Prado et al. 2021). Z hlediska chuti přispívají k plnosti piva i díky obsahu melanoidinů a nezkvasitelných sacharidů (Prado et al. 2021). Také se přidávají za účelem lepší pěnivosti a stability piva, či jako ochrana proti tvorbě koloidních zákalů (Basařová et al. 2023). Také piva vařená z tmavých sladů mají obvykle lepší chuťovou stabilitu a delší trvanlivost než světlá piva (Coghe et al. 2005). Mezi speciální slady patří slady diastatické, karamelové, barvicí, nakuřované či melanoidinové (Kosař et al. 2000; Basařová et al. 2021). Při výrobě tmavých a speciálních sladů probíhá Maillardova reakce, což je reakce aminokyselin a redukujících sacharidů, tyto reakce jsou sérií neenzymatických reakcí, jež jsou nezbytné pro tvorbu sladového aroma (Prado et al. 2021). Během těchto reakcí vznikají různé látky v závislosti na teplotě, které jsou slady vystaveny, vznikají furany, reduktony, pyrroly, pyraziny a melanoidiny (Prado et al. 2021). Tyto látky přispívají k aromatu, deriváty furfuralu mají karamelové aroma, pyrroly mají oříškové aroma,

maltol a isomaltol připálené aroma, pyraziny pražené aroma (Prado et al. 2021). Při Maillardově reakci je nezbytný určitý obsah vody v zrnech, protože voda je reaktant a rozpouštědlo, usnadňuje dynamiku mezi činidly a napomáhá tvorbě těkavých látek a dalších chuťově aktivních látek (Prado et al. 2021).

Karamelový slad je charakteristický obsahem velkého množství sacharidů, aromatických a barevných sloučenin (Kosař et al. 2000). Enzymaticky je slad inaktivní, extraktivnost toho sladu se pohybuje okolo 60 až 70 % a vlhkost sladu je okolo 2 % (Kosař et al. 2000). Vyrábí se z dobře rozluštěného zeleného sladu či z hotového světlého sladu za pomoci rychlopražení ve speciálních bubnech při teplotách od 120 až 180 °C (Basařová et al. 2021). Dle teploty jsou tři typy karamelových sladů, a to světlý karamel, karamel střední a karamel normální (Basařová et al. 2021). Pokud jsou stanovovány kritéria u karamelových a barevných sladů je nutné při přípravě kongresní sladiny smíchat barevné slady se světlým sladem o známém obsahu vody, extraktu a barvy, protože barevné slady nemají dostatečnou aktivitu enzymů, jež jsou nezbytné pro uvolnění extraktu do roztoku (Basařová et al. 2023).

Dále jsou vyráběny barvicí slady, jež se využívají při výrobě tmavých piv (Kosař et al. 2000). Slad je enzymaticky inaktivní a extraktivnost se pohybuje mezi 60 až 70 % (Kosař et al. 2000). Využívají se při výrobě tmavých piv, u kterých nelze dosáhnout tmavého zbarvení při použití běžného sladu mnichovského typu (Basařová et al. 2021). Připravují se z navlhčených sladů upražených eskalací teplot až na hodnotu 225 °C (Basařová et al. 2021).

Další ze speciálních sladů jsou nakuřované slady, jež se především vyrábějí pro přípravu whisky skotského typu (Basařová et al. 2021). Vyrábí se ve specializovaných sladovnách, kdy je slad v přímém kontaktu se spaliny z rašeliny či z bukového dřeva (Basařová et al. 2021; Prado et al. 2021). Za kouřové aroma jsou zodpovědné fenoly (Prado et al. 2021). Záleží, jaký materiál na spalování byl použit, protože tím je ovlivněno konečné aroma sladu (Prado et al. 2021).

Melanoidinové slady jsou využívány při výrobě tmavých piv, rozdílem oproti ostatním sladům je, že svou barvu a charakteristické aroma nezískávají za vyšší teploty, ale intenzivnějším průběhem Maillardovy reakce (Basařová et al. 2021). Tudiž nemají vůni a chuť nahořklou na rozdíl od barevných a karamelových sladů, navíc extrakt je nejméně 74 % (Basařová et al. 2021).

Pro výrobu diastatických sladů se využívají slady s vyšším obsahem dusíkatých látek, používají se také při zpracování enzymově chudých sladů či při zpracování náhražek sladu (Basařová et al. 2021). Tyto slady jsou charakteristické svou diastatickou mohutností (Kosař et al. 2000). Jsou vyráběny za vyššího obsahu vlhkosti při sladování v zrnu (46-48 %) při nízkých teplotách a za opatrného sušení při teplotě 50 °C (Kosař et al. 2000).

Tabulka č. 1: Hodnoty jakostních ukazatelů pro různé druhy sladů (ČSN 56 6610)

	vlhkost v hmotnostních % nejvýše	zcuřčení, v minutách, nejvýše	stékání, v minutách, nejvýše	barva (j. EBC), nejvýše	zákal sladiny (j. EBC), nejvýše	extrakt v jemném mletí ¹⁾ v sušině v hmotnostních %, nejméně	extrakt v hrubém mletí ¹⁾ v sušině v hmotnostních %, nejméně	friabilita v %, nejméně	sklovitost friabilimetrem v %, nejvýše	diastatická mohutnost WK, nejméně	karamelová (zcuřřená) zrna v %, nejméně	spálená zrna v % nejvýše
Slady z ječmene												
slad pžeňský	5,0	15	60	4,5	5	–	78	75	2	220	–	–
slad vídeňský ¹⁾	5,0	–	–	9,0	–	–	78	–	–	200	–	–
slad mnichovský ¹⁾	4,0	25	–	20,0	8	–	77	–	–	140	–	–
slad diastatický ¹⁾	7,0	–	–	–	–	77	–	–	–	350	–	–
slady pražené ¹⁾											–	
karapils	8,0	–	–	20,0	–	77	–	–	–	–	–	–
světlý karamelový	6,0	–	–	120	–	75	–	–	–	–	90	3
tmavý karamelový	5,0	–	–	220	–	73	–	–	–	–	90	5
čokoládový	3,5	–	–	1200	–	66	–	–	–	–	–	–
barvicí (černý)	3,0	–	–	1500	–	64	–	–	–	–	–	–

¹⁾ melivo na sítích 1,270 mm, 1,000 mm a 0,547 mm vyjádřené v hmotnostních % na uvedených sítích tvoří nejméně 70 hmotnostních %

3.2.3 Náhražky sladů

Pro výrobu sladu byl vždy nejvhodnější surovinou ječmen, nicméně jsou snahy využití i jiných obilovin či pseudoobilovin (Ndife et al. 2019). Využití netradičních sladů je perspektivní nejen z hlediska osobité chuti, jež netradiční slady nesou ale i z hlediska rostoucí poptávky po bezlepkových pivech (Blšáková et al. 2022). Mezi nekonvenční slady patří žitný, pšeničný, ovesný, kukuřičný či rýžový (Blšáková et al. 2022). Dle Raniho & Bhardwaje (2021) je možné využít i další obiloviny a pseudoobiloviny, jako je čirok, triticales, amarant, pohanka či quinoa. Hlavní rozdíl mezi těmito slady je složení a enzymatická aktivita (Blšáková et al. 2022). Ve světě se pivo vyrábí s přidávkou nesladových obilovin a pseudoobilovin až z 85–90 % (Bogdan & Kordialik-Bogacka 2017). Existují rozdíly mezi kontinenty, v evropských zemích je 10 až 30 % nahrazeno nesladovými materiály, ve Spojených státech a v Austrálii je to 40 až 50 % a v Africe se jedná o náhradu klasického sladu až z 50 až 75 % (Bogdan & Kordialik – Bogacka 2017). Nejběžněji je ječný slad nahrazován čirokem v Africe, rýží v Asii, kukuřicí v Americe a v Evropě se využívá nesladovaný ječmen či pšenice (Bogdan & Kordialik-Bogacka 2017). Důvodem pro nahrazení ječného sladu jsou i ekonomické důvody, protože ječný slad je nejdražší položkou, mimo chmel, jež se ale využívá v menším množství při výrobě piva, proto se využívají různé zdroje extraktu, aniž by byla ohrožena kvalita piva (Szwed et al. 2014). Pokud je potřeba snížit výrobní náklady na použité

suroviny pro výrobu sladu je nutné vzít v potaz vlastnosti jiných obilovin, měly by se snadno zpracovávat a měly by mít dostatek extraktivních látek (Szwed et al. 2014). Díky využití nesladovaných obilovin či pseudoobilovin se sníží uhlíková stopa sladovnického a pivovarského procesu, protože sladování je energeticky velmi náročný proces (Yorke et al. 2021). Také je podpořeno místní zemědělství tím, že jsou využívány obiloviny, jež jsou produkovány na tom určitém místě (Bogdan & Kordialik – Bogacka 2017). Nicméně využití nesladovaných obilovin má i své nevýhody, hlavní z nich je pokles amylolytických, cytolytických a proteolytických enzymatických aktivit probíhajících ve šrotu, neboť tyto procesy jsou iniciovány a rozvíjeny při procesu sladování (Yorke et al. 2021). Působení těchto enzymových systémů během sladování a rmutování ovlivňuje složení mladiny a získávání extraktu, díky různému složení cereálních materiálů je ovlivněna výkonnost varního procesu a kvalita piva (Yorke et al. 2021). Dle Yanga & Gao (2022) použitím alternativních obilovin je snížen výtěžek extraktu v mladině, dále mladina z alternativ má nízký obsah dusíku, jež je nezbytný pro kvašení a růst kvasinek. Při nahrazení většího množství sladu je nezbytné použít exogenní enzymatické přípravky, k rozkladu škrobu napomáhá také zmazovatění škrobu při vyšší teplotách během rmutování (Bogdan & Kordialik-Bogacka 2017). Využitím většího množství sladu (nad 20 %) z ova, pšenice či nesladovaného ječmene bez použití exogenních enzymů dojde ke snížení extraktu a tím pádem i ke snížení konečného obsahu alkoholu (Bogdan & Kordialik-Bogacka 2017).

Kukuřice díky relativně nízké ceně je hojně využívána v jižní a severní Americe (Yang & Gao 2022). Dle Bogdana & Kordialika-Bogacka (2017) kukuřice dodává pivu plnější chuť. Avšak při použití sladované kukuřice vznikne pouze 50 % až 60 % sladiny, protože také kukuřice má nízkou amylázovou aktivitu oproti ječmenu a pro ztekucení škrobu jsou potřebné vyšší teploty při rmutování (Yang & Gao 2022). Lze říci, že schopnost α -amylázy v kukuřici přeměňovat škrob na monosacharidy je nízká i kvůli své termolabilitě (Yang & Gao 2022). Avšak dle Basařové et al. (2021) je vhodné využití kukuřice při výrobě svrchně kvašených piv infuzním rmutováním za přídavku enzymových přípravků. Odhaduje se, že nahrazením z 30 % nesladovanou kukuřicí se sníží výrobní náklady piva o 8 % (Bogdan & Kordialik-Bogacka 2017).

Použití čiroku je zkoumáno až posledních letech, používá se pro výrobu piva především v afrických zemích (Yang & Gao 2022). Problémem je, že enzymatický potenciál u čiroku je slabší než u ječmene, proto se musí intenzivně máčet při vyšších teplotách, aby se dosáhlo vlhkosti 52 až 58 % (Kunze 2010). Amylázová aktivita u čiroku je o 25 % nižší než u ječného sladu, oproti tomu čirok obsahuje více bílkovin a polyfenolů než zmíněný ječmen (Kunze 2010). Nižší enzymová aktivita má za následek problémy při zcukřování během rmutování a nízký obsah zkvasitelných cukrů (Yang & Gao 2022). Také čirok má velmi podobnou strukturu zrna jako kukuřice, tudíž také neobsahuje slupku a aleuronová vrstva zabraňuje vyplavování enzymů (Ndife et al. 2019).

Rýže je po ječmeni, kukuřici a čiroku nejrozšířenější škrobnatá náhražka (Basařová et al. 2021). Z rýže se běžně vyrábí víno či další alkoholické nápoje, nicméně je možné využití sladované rýže i v pivovarnictví (Yang & Gao 2022). Při klíčení dochází k vyšší aktivitě α a β -amylázy než u rýže nesladované, také obsahuje dostatek zkvasitelných

cukrů a aminokyselin (Yang & Gao 2022). Avšak obsah volného dusíku a volného aminodusíku je nižší, také barva výsledného piva je světlejší a pivo se vyznačuje špatnou stabilitou pěny (Yang & Gao 2022). Také piva z rýže mají nižší plnost chuti, ale pozitivní vlastností je, že rýže zlepšuje odolnost piva k tvorbě nebiologických zákalů (Basařová et al. 2021).

Pšenice je jednou z obilovin s nejdélejší historií, jež je využívána jako surovina pro výrobu sladu (Cadenas et al. 2021). Pšeničný slad se využívá ve formě vloček, pelet či mouky a využívá se především pro výrobu speciálních druhů piv v Belgii (Lambic a Blanche) a v Německu pro svrchně kvašená piva (Basařová et al. 2021). Nespornou výhodou pšenice je vysoká extraktivnost v porovnání s ječmenem, problémem může být vysoký obsah dusíkatých látek (především lepek), což vede k potížím při scezování a ke snížení koloidní stability (Basařová et al. 2021). Nicméně při zpracování pšenice na pšeničnou mouku se odstraňují klíčky a otruby, čímž se zvýší obsah škrobu a sníží obsah bílkovin, popela a tuků, což má vliv na vyšší výtěžnost extraktu (Bogdan & Kordialik-Bogacka 2017). Obecně platí, že pšeničná piva typu Ale mají výraznější aroma než ležáky, také při použití pšeničné mouky vyšší obsah alkoholu, nižší stabilitu pěny a menší hořkost než piva z ječných sladů (Cadenas et al. 2021).

Další náhradou za ječný slad je oves, má nejvyšší obsah bílkovin ze všech ostatních obilovin využívaných v pivovarnictví, vykazuje také antioxidační aktivitu (Yang & Gao 2022). α – amylázová aktivita ovsa je podobná jako u ječmene, ale β -amylázová aktivita je zcela odlišná (Yang & Gao 2022). Mladina vyprodukovaná z ovesného sladu obsahuje nižší výtěžek extraktu a volného aminodusíku, za to má za následek vyšší viskozitu mladiny (Yang & Gao 2022). Negativní vliv na viskozitu také má vyšší obsah β -glukanů (Cadenas et al. 2021). Oves je využíván zejména jako doplněk při vaření piva typu Stout (Cadenas et al. 2021).

Proso se využívá jako náhražka sladu především v Africe, také má tato plodina nejnižší požadavky na vodu ze všech hlavních obilovin (Basařová et al. 2021; Yang & Gao 2022). Slad z prosa po pětidenním klíčení má vyšší obsah β -amylázy a volného aminodusíku než výše zmíněný čirok za podobného výtěžku extraktu (Yang & Gao 2022). Ležáky vařené z prosa se vyznačují tmavší barvou než z ječmene, také mají lepší stabilitu pěny než piva z čiroku (Yang & Gao 2022). Dle Ndifeho et al. (2019) jsou ztráty při využití jiných obilovin oproti ječmenu velmi vysoké, v porovnání relativní sladivosti rýže, čiroku prosa a kukuřice bylo zjištěno že slad z čiroku a prosa je vhodnější k použití při pivovarské výrobě (Ndife et al. 2019).

3.3 Slad a jeho kvalitativní ukazatele

Pro výrobu sladu se nejčastěji využívá ječmen obecný (*Hordeum vulgare*), který se řadí do čeledi lipnicovitých (Musa et al. 2018). Ječmen je v pivu hlavním zdrojem škrobu, který se přeměňuje na varně ve fermentovatelný extrakt (Kunze 2010). Ječmen je také zdrojem aminokyselin, jež jsou nezbytné pro kvasinky při kvašení a mají vliv na sensorické vlastnosti piva (Schmitt & Budde 2010). Pro výrobu sladu je využíván především ječmen dvouřadý vzpřímený a zřídka pěstovaný ječmen paví, přičemž ve výrobě sladu převažují jarní odrůdy

před ozimními, protože ozimé odrůdy se využívají při nedostatečné sklizni jarních odrůd (Basařová et al. 2021). Nejdůležitější využití ječmenu je právě výroba sladu k produkci nápojů, k produkci potravinářských výrobků obohacených sladem, využívá se pro medicínské účely či na výrobu dětské výživy (Musa et al. 2018). Při výrobě různých druhů sladů je důležitý výběr odrůdy ječmene a jeho sladovnické vlastnosti, jež je možné regulovat technologicky (Basařová et al. 2021). Tyto sladovnické vlastnosti je možné posoudit řadou standardních testů sladu a sladiny, jež provádí ABSC (American Society of Brewing Chemists) a EBC (Evropská společnost pivovarských chemiků) (Schmitt & Budde 2010). Podle těchto společností je popsáno až 70 kvalitativních ukazatelů ječmene, sladu a sladiny (Schmitt & Budde 2010). Výsledky těchto testů jsou důležité pro předpověď výkonosti v konkrétních procesech, což také hraje roli v počátku výroby sladu, kdy jsou vybírány a zpracovávány odrůdy ječmene, jež jsou vhodné pro sladování (Schmitt & Budde 2010). Požadavky v České republice na zrno ječmene pro výrobu sladu jsou dány normou ČSN 46 1100-5 (Hartman et al. 2017). V této normě jsou popsány požadavky na sladovnickou kvalitu ječmene, sladovnická kvalita může být u konkrétní odrůdy ovlivněna ročníkem, lokalitou, úrovní hnojení, výskytem škodlivých činitelů či poléhání klasů (Hartman et al. 2017). Kvalita je hodnocena pomocí USJ (ukazatele sladovnické jakosti) toto hodnocení má rozpětí 1 až 9, přičemž odrůdy hodnocené stupněm 1-3 nejsou vhodné ke sladování, kdežto odrůdy se stupněm 7-9 mají nejvyšší kvalitu pro výrobu sladu (Hartman et al. 2017).

Kvalita sladu závisí na vlastnostech surovin využitých při výrobě, závisí také na technologii zpracování surovin i na podmínkách skladování (Basařová et al. 2023). Kvalita sladu ovlivňuje průběh výroby piva, fyzikálně-chemické, biochemické a organoleptické vlastnosti piva (Basařová et al. 2023). Pro hodnocení kvality sladů existuje řada subjektivních i objektivních metod, u objektivních metod je možné vyhodnocovat mechanické, chemické, fyzikální či biochemická kritéria, díky čemuž je možný lepší výběr vhodných sladů pro konkrétní druhy pív (Basařová et al. 2023). Hlavní kritéria pro hodnocení kvality jsou odbourání buněčných stěn, obsah dusíkatých látek a škrobu, aktivita enzymů a složení sladiny (Basařová et al. 2023). V rámci odbourání buněčných stěn je důležité stejnoměrné a úplné odbourání tzv. cytolytické rozluštění a požadovaná míra rozluštění dusíkatých látek, a tedy proteolytické rozluštění (Basařová et al. 2023). Mezi ukazatele cytolytického rozluštění patří friabilita, viskozita sladiny a obsah β -glukanů (Basařová et al. 2023). Znaky charakterizující amylolytické rozluštění sladu je obsah extraktu, dosažitelný stupeň prokvašení, diastatická mohutnost a aktivita α -amylázy (viz Tabulka č. 2) (Basařová et al. 2023).

Tabulka č. 2 Přijatelné limitní hodnoty jakostních ukazatelů u sladu (Hartman et al. 2017)

Ukazatelé sladovnické jakosti	Běžné pivo				Váha parametru
	nepřijatelný limit - meze		Optimální hodnoty		
N látky	9,5	11,7	10,2	11	0,01
Extrakt v sušině	81,5	83			0,3
Relativní extrakt (45 ° C)	35	53	40	48	0,2
Kolbachovo číslo	40	53	42	48	0,1
Diastatická mohutnost	220	300	220	300	0,1
Dosažitelný stupeň prokvašení	79	82	79	82	0,1
Friabilita	79	86	79	86	0,1
Obsah beta-glukanů	max. 250		100		0,1

3.3.1 Základní jakostní parametry

Friabilita neboli křehkost je ukazatelem cytolytického rozluštění a zároveň fyzikálním ukazatelem (Basařová et al. 2021). Podstatou je, že křehká zrna jdou lépe namlít na požadovanou hrubost, čímž je ovlivněn sladovací proces, v neposlední řadě to má vliv na vlastnosti piva jako je pěnivost, která souvisí s odbouráním buněčných stěn a bílkovin (Basařová et al. 2021). Friabilita by u kvalitního sladu měla dosahovat hodnot 80-90 % a sklovitost zrn pod 2 %, nicméně pokud friabilita překročila 90 % může dojít ke sladovacím ztrátám a nedostatečné pěnivosti piva (Kosař et al. 2000).

Extrakt v sušině sladu ukazuje v procentech na uvolnění extraktivních látek ze sladu do vodného roztoku, což je zjištěno kongresní metodou. Extrakt je velmi důležitý parametr z ekonomického hlediska, protože ze sladu s vyšším obsahem extraktu je možné vyrobit větší množství piva (Fox & Bettenhausen 2023). Extrakt dále ovlivňuje kvašení, chemické složení piva ale i organoleptické vlastnosti (Basařová et al. 2021). S tímto ukazatelem souvisí relativní extrakt při 45 °C, tato hodnota je získána z poměru extraktu získaného při teplotě 45 °C ku hodnotě získaného extraktu při kongresním rmutování. Dále tento ukazatel doplňuje informace o aktivitě cytolytických a proteolytických enzymů ve sladu (Hartman et al. 2017).

Dalším ukazatelem je Kolbachovo číslo, které vyjadřuje množství rozpustných dusíkatých látek ve sladince k celkovému obsahu dusíkatých látek ve sladu (Hartman et al. 2017). A je také ukazatelem proteolýzy, která probíhá během sladování a rmutování a znamená to, že čím víc jsou štěpeny dusíkaté látky, tím více dusíkatých sloučenin bude rozpustných (Rani & Bhardwaj 2021). Pokud je hydrolýza proteinů nízká, a tudíž i Kolbachovo číslo, znamená to problémy s filtrací mladiny, nižší sladový extrakt a zákal v pivu (Rani & Bhardwaj 2021). Pokud je Kolbachovo číslo vysoké, a tedy i štěpení bílkovin, důsledkem je stárnutí kvasinek při kvašení a zhoršení chuti piva (Rani & Bhardwaj 2021). Nicméně z hlediska technologie výroby piva je důležitější obsah α -aminodusíku či množství celkového rozpustného dusíku ve 100 ml kongresní sladiny (Kosař et al. 2000). Protože množství α -aminodusíku je podstatné pro výživu kvasinek při kvašení (Kunze 2010).

Dle Raniho & Bhardwaje (2021) je diastatická mohutnost nejkritičtějším parametrem v hodnocení sladu, protože představuje souhrnnou aktivitu čtyř škrobových hydrolytických enzymů (β -amyláza, α -amyláza, limitní dextrináza a α -glukosidáza) jež jsou aktivovány během procesu sladování a rmutování. Díky této aktivitě dochází ke štěpení škrobu na nízkomolekulární látky (Hartman et al. 2017). Obecně platí, že s vysokou diastatickou mohutností souvisí lepší kvalita sladu a vyšší sladový extrakt (Rani & Bhardwaj 2021).

Dosažitelný stupeň prokvašení je ukazatel, jenž vyjadřuje obsah všech látek ve sladu, které mohou být zkvašeny pivovarskými kvasinkami (Hartman et al. 2017).

Ve sladu je také důležitý obsah dusíkatých látek, protože při vyšším obsahu mají dusíkaté látky negativní dopad na většinu kvalitativních ukazatelů, především na obsah extraktu. Negativně je ovlivněn i proces sladování, protože při vyšším obsahu dusíkatých látek vzniknou vyšší provozní náklady a je náročnější řízení technologie sladování (Hartman et al. 2017).

Posledním ukazatelem je obsah β -glukanů ve sladině, přičemž β -glukany jsou polysacharidy neškrobové povahy, které se vyskytují v buněčných stěnách endospermu zrn. Vysoký obsah β -glukanů může negativně ovlivňovat výrobu piva a způsobovat problémy např. při filtraci (Hartman et al. 2017).

3.3.2 Mechanické a fyzikální parametry sladu

U sladu lze učit řadu dalších parametrů, jež mohou ovlivňovat jak proces sladování, tak i proces výroby piva. V první řadě se jedná klíčivost, energie klíčení a rychlost klíčení (Kosař et al. 2000). Přičemž klíčivost je vyjádřena jako procento všech zrn ve vzorku, které jsou schopné klíčit, mělo by se jednat o minimálně 96 % ve vzorku (Kunze 2010). Energie klíčení vypovídá o procentu zrna, jež během testu vyklíčily za standardních podmínek (Kunze 2010).

V rámci mechanických a fyzikálních kritérií je hodnocena objemová hmotnost, hmotnost tisíce zrn, moučnatost či hustota (Basařová et al. 2021). Objemová hmotnost je hmotnost hektolitrů zrn ječmene (sladu) v kilogramech (Basařová et al. 2021). Čím je vyšší objemová hmotnost, tím jsou ječmeny bohatší na škrob, tvořící podstatnou část obilky, proto z tohoto parametru lze usuzovat vhodnost ječmene pro výrobu sladu (Basařová et al. 2021). Také je možné zjistit z objemové hmotnosti ječmene ku sladu stupeň rozluštění sladu, což znamená lepší zpřístupnění škrobu pro sladové enzymy (Basařová et al. 2021). Hmotnost tisíce zrn je dána tvarem a hustotou obilky, díky této hmotnosti lze také zjistit rozluštění u sladu a očekávatelný stupeň prokvašení (Basařová et al. 2021). Třetím parametrem je moučnatost, která závisí z určité míry na genetických vlastnostech odrůdy a díky tomu je možné posoudit rozluštění sladu (Basařová et al. 2021). Moučnatost charakterizuje vlastnosti endospermu, také je závislá na texturních vlastnostech, jež vznikly enzymovými degradacemi během sladování (Basařová et al. 2021). Rozluštění sladu lze určit i z hustoty, kdy zrna moučnatá s lepším rozluštěním mají nižší hustotu (Basařová et al. 2021). Vedle těchto parametrů je ještě sledována vlhkost sladu po hvozdnění (Basařová et al. 2021). Pokud se vlhkost lehce zvyšuje, má to pozitivní vliv na mletí zrn, nicméně u příliš vlhkého sladu může být snížená extraktivnost, problémy s kvašením či skladovací problémy, zejména rozvoj mikrobiální kontaminace

(Basařová et al. 2021). Z tohoto hlediska je důležité, aby vlhkost nepřekročila 15 % (Kunze 2010; Basařová et al. 2021).

3.3.3 Chemické složení sladu

Kvalita ječmene a sladu je dána také chemických složením. Zrno ječmene je složeno ze tří složek a to klíčku, endospermu a obalových vrstev. Hlavní složkou ječného zrna je škrob, který má funkci zásobního polysacharidu a zdroje živin pro klíček při procesu klíčení (Kosař et al. 2000). Škrob v rostlinách vzniká při asimilaci CO₂ při fotosyntéze z jednoduchých sacharidů (Kosař et al. 2000). Škrobová zrna se nachází v endospermu ječmene, jejich stěny jsou tvořeny z bílkovin a neškrobových polysacharidů (Basařová et al. 2021). Při dobrém rozluštění sladů jsou bílkovinné stěny škrobových zrn dobře odbourané díky sladování a tím je škrob přístupný pro působení amylolytických enzymů (Basařová et al. 2021). V endospermu se vyskytují malá a velká škrobová zrna, přičemž obsah malých škrobových zrn se pohybuje okolo 70-95 % z celkového obsahu škrobových granulí (Kunze 2010). Obsah malých škrobových zrn je dán geneticky a může být ovlivněn prostředím při vývoji zrna, přičemž právě malé granule škrobu ovlivňují sladovnické vlastnosti a kvalitu vyrobeného sladu (Kunze 2010).

Další látky obsažené v ječném zrně jsou dusíkaté látky, celkový obsah bílkovin se může pohybovat okolo 8 až 13 % v závislosti na klimatických podmínkách a složení půdy, nicméně pro výrobu sladu je požadován obsah bílkovin 10 až 11 % (Kosař et al. 2000; Fox 2009). Dusíkaté látky obsažené ve sladu představují různé sloučeniny v pivu, jež mohou mít pozitivní i negativní význam při výrobě piva, ovlivňují plnou chuť piva, dále mají vliv na pěnovost či stabilitu piva (Basařová et al. 2021). Dusíkaté látky zahrnují vysokomolekulární a nízkomolekulární sloučeniny. Nízkomolekulární sloučeniny jsou důležité pro množení a metabolismus kvasinek, avšak mohou být i prekursori, jež jsou odpovědné za starou chuť piva (Basařová et al. 2021). Vysokomolekulární látky mají spíše negativní vliv na kvalitu piva, protože negativně ovlivňují organoleptické vlastnosti a přispívají k tvorbě nebiologických zákalů piva hned vedle polyfenolů (Basařová et al. 2021). Zástupci dusíkatých látek v ječmeni jsou albuminy, globuliny, prolaminy, gluteliny a glykoproteiny (Basařová et al. 2021). Dále ječmen obsahuje složené proteiny, jedná se o fosfoproteiny a lipoproteiny, jež negativně ovlivňují pěnovost, chromoproteiny, které obsahují látky zodpovědné za barvu (anthokyany, chlorofyl) či nukleoproteiny obsahující dusíkaté báze (Basařová et al. 2021). Během rmutování dochází ke zvýšení podílu rozpustných dusíkatých látek v roztoku oproti sladu (Basařová et al. 2021). Obsah dusíkatých látek ve sladu je důležitý ukazatel z technologického hlediska, protože při vyšším obsahu bílkovin v zrnech ječmene dochází k omezení enzymatického štěpení škrobu, poněvadž zabraňuje přístupu hydrolytických enzymů, což vede ke snížení možného extraktu ze sladu (Kunze 2010; Rani & Bhardwaj 2021).

Další složkou ječného zrna jsou neškrobové sacharidy, jsou zastoupeny v zrně z 10 až 14 %. Jedná se o celulózy, hemicelulózy, lignin a další polysacharidy (Basařová et al. 2021). Celulóza tvoří zpevňující složku buněčných stěn, je nerozpustná a špatně štěpitelná, avšak má důležitou roli při scezování a vyslazování mláta, protože působí jako kypřící složka filtrační vrstvy v mlátě (Basařová et al. 2021). Hemicelulózy a gumovité látky jsou polysacharidy typu

β -glukanů a arabinoxylanů (pentosanů) (Basařová et al. 2021). β -glukany vytváří v buněčných stěnách gelovitou matici a zajišťují, že stěny zůstávají pevné, navíc kontrolují přenos vody a dalších molekul přes stěnu, avšak pokud nejsou β -glukany během klíčení správně hydrolizovány mohou negativně ovlivnit biochemické reakce nezbytné při výrobě kvalitního sladu (Izydorczyk & Edney 2017). Omezují rozluštění endospermu během rmutování a přispívají k tvorbě zákalů a sraženin v hotovém pivu (Izydorczyk & Edney 2017). Navíc schopnost β -glukanů zvyšovat viskozitu roztoků je nežádoucí kvůli problémům při scezování a zpomalení filtrace (Izydorczyk & Edney 2017). Rovněž vyšší obsah β -glukanů snižuje využití sladového extraktu při rmutování omezením přístupu sacharolytických enzymů (Basařová et al. 2023).

Lipidy jsou další složkou sladu, kdy obsah lipidů v ječmeni i sladu může být až 4,5 % (Basařová et al. 2023). Mezi lipidy patří mastné kyseliny, acylglyceroly, fosfolipidy, lipoproteiny a lipopolysacharidy, přičemž největší význam pro kvalitu piva mají mastné kyseliny (Basařová et al. 2021). Lipidy jsou uloženy v aleuronové vrstvě, slupce a semenáčku ve formě olejových kapiček (Kunze 2010). Část tuků je spotřebována při sladování, během látkové výměny v rámci dýchání, zbytek zůstává v mlátě (Kosař et al. 2000). Lipidy mají pozitivní i negativní vliv na kvalitu piva, pozitivní vliv spočívá v aktivaci růstu kvasinek při fermentaci a zrychlení a zintenzivnění fermentace díky lipidům a nenasyceným mastným kyselinám (Bravi et al. 2014). Naopak negativní vliv mají lipidy na chuť a stabilitu pěny (Bravi et al. 2014). Dle (Fox & Bettenhausen 2023) mastné kyseliny obsažené v ječmeni ovlivňují množství extraktu, a tedy i procento zkvasitelných cukrů.

Slad také obsahuje polyfenolické látky, jež se nachází převážně ve slupce a aleuronové vrstvě (Kunze 2010). Jedná se o látky s různými fyzikálními a chemickými vlastnostmi, v pivu bylo objeveno více než padesát fenolických sloučenin jejichž obsah je závislý na surovinách a způsobu vaření piva (Carvalho et al. 2022). Obsah fenolových látek má vliv na chuť, koloidní stabilitu a trvanlivost piva (Carvalho et al. 2022). Dle Carvalho et al., 2016 v pivu obsažené polyfenoly pochází z 80 % ze sladu a z 20 % z chmelu, což výrazně přispívá k oxidační stabilitě piva. Polyfenoly mají pozitivní vliv na oddálení staré chuti piva, dále přispívají k plnosti piva a k jeho pitelnosti, také mají schopnost vázat se s polypeptidy a napomáhají při vylučování kalů z mladiny (Basařová et al. 2021; Carvalho et al. 2022). Naopak negativní vliv mají na tvorbu nebiologických zákalů ve stočeném pivu, zvyšování barvy u sladiny, mladiny a piva a také způsobují nežádoucí chuť piva (Basařová et al. 2021). Polyfenoly mají antioxidační účinek, nicméně pokud jsou zoxidovány, tak ztrácí své pozitivní účinky a převládnu ty negativní (Kunze 2010).

3.3.4 Mikrobiologický stav sladu

Dalším kvalitativním ukazatelem je mikrobiologický stav sladu. Slad může být zasažen různými nežádoucími mikroorganismy, plísněmi či může být poškozen hmyzem (Perretti et al. 2011). Mikrobiální kontaminace může závažně ovlivnit kvalitu a výtěžnost sladu, protože zasahuje do dýchání zrna a způsobuje rozklad složek zrna, v neposlední řadě může dojít k produkci sekundárních metabolitů či mykotoxinů, jež jsou toxické

(Rani & Bhardwaj 2021). K náhodné kontaminaci může dojít přímo na poli ale i při posklizňové úpravě ječmenu (Perretti et al. 2011). Během procesu sladování dochází k aktivnímu růstu prokaryot a eukaryot, kam se řadí grampozitivní a gramnegativní mikroorganismy, kvasinky či vláknité houby (Perretti et al. 2011). Během sladování před klíčením je zrno namáčeno, a proto je náchylnější k mikrobiálnímu růstu, z posklizňové vlhkosti 12-14 % se zvedne obsah vody na 42-46 % (Perretti et al. 2011). Nicméně růst mikroorganismů je zastaven ve fázi sušení na konci sladování, avšak byly zjištěny i pozitivní účinky na kvalitu piva, protože mikroorganismy produkují enzymy, jež napomáhají k rozkladu buněčných stěn, bílkovin a škrobu (Perretti et al. 2011). Dle Perrettiho et al. 2011 bylo zjištěno, že slupka máčených zrn je pokryta biofilmem mikrobiálního původu, jež chrání buňky před stresovými vlivy z prostředí (extrémní hodnoty pH, obsah vody, teploty), avšak tento biofilm může mít i negativní dopad na tvorbu zákalu v pivu, je to dáno agronomickými podmínkami pěstování ječmenu a průběhem sladovnického procesu. Problém se složením mikrobiálního společenství biofilmu je možné vyřešit díky použití vhodné startovací kultury které podporují růst kvasinek a prospěšných mikroorganismů během sladování a omezují růst nežádoucích bakterií a vláknitých plísní (Perretti et al. 2011). Díky použití startovacích kultur dochází ke zlepšení kvality sladu, bylo prokázáno, že bakterie mléčného kvašení ve sladovnickém procesu zlepšily fyzikální a chemické vlastnosti sladu (Perretti et al. 2011).

Mnoho fyzikálních a chemických kritérií je stanovováno v kongresní sladinně připravené kongresním postupem rmutování u jemně rozmlátého sladu (Basařová et al. 2023). Kongresní metoda je sjednocený postup přípravy sladiny na mezinárodní úrovni pro kvalitativní hodnocení sladu, tato metoda je založena na infuzním rmutování a pro zhodnocení kvality sladu jsou nezbytné další rozborů (mechanické, fyzikální, chemické) (Basařová et al. 2021). Jeden z nejdůležitějších znaků posuzovaných v kongresní mladinně je extraktivnost sladu, jodová normalita, rychlost filtrace, hodnota pH, barva sladiny aj. (Basařová et al. 2021). Výsledky této metody se odlišují od provozní praxe, kdy je slad často zpracován dekokčním rmutováním (Basařová et al. 2021). Přesto je možné z výsledků kongresní metody usuzovat chování sladů v provozu (Basařová et al. 2021).

Ke zvyšování kvality sladu dochází díky šlechtitelským programům, které pokračují ve šlechtění nových druhů ječmene pro výrobu sladu, které mají za cíl zvýšit výnosy extrahovaného materiálu, zlepšit agronomické vlastnosti a snížit náchylnost ječmene ke škůdcům a chorobám (Bamforth 2017). Cílem šlechtění je postupné nahrazování starších odrůd těmi, které mají lepší vlastnosti pro výrobu sladu (Basařová et al. 2023). Příkladem je snaha o vyvinutí odrůd s geneticky kódovanou sníženou či nulovou aktivitou enzymu lipoxygenas, které během výroby sladu, a především piva způsobují tvorbu komponent staré chuti díky oxidaci nenasycených mastných kyselin (Basařová et al. 2023). Žádoucí jsou také odrůdy, jež mají blíž k aktivaci a syntéze cytolytických enzymů, které napomáhají při separačních procesech, jako je scezování či filtrace (Basařová et al. 2023).

3.4 Šrotování sladu a zisk extraktu

3.4.1 Šrotování sladu

Při šrotování dochází k oddělení slupky od endospermu a obnažení vnitřního škrobu (Fox & Bettenhausen 2023). Přestože šrotování sladu je zdánlivě jednoduchý proces, složení šrotu zásadně ovlivňuje proces rmutování, scezování a varní výtěžek (Kosař et al. 2000). Našrotováním je zvětšen povrch sladu, což umožňuje lepší rozpuštění v horké vodě a umožňuje lepší přístup hydrolytických enzymů při rmutování ke škrobu obsaženém v zrně (Fox & Bettenhausen 2023). Mletí zrn je důležité i proto, že může usnadnit zmazovatění škrobu (Yin Tan et al. 2023). Pokud jsou ve šrotu přítomná neporušená zrna či velké fragmenty, má to za následek neobnažení vnitřních frakcí zrn, což způsobuje nízkou přeměnu škrobu na zkvasitelné cukry a tím nízké výtěžky při rmutování (de Moura & Mathias 2018). Avšak na druhé straně při nadměrném mletí dochází k extrakci a rozpuštění sloučenin, jejichž přítomnost způsobuje nežádoucí vlastnosti mladiny, jedná se např. o nadměrnou hořkost či vysokou viskozitu (de Moura & Mathias 2018). Mezi nežádoucí látky se řadí polyfenoly, jež jsou zodpovědné za změnu barvy, nadměrnou hořkost či přispívají k tvorbě kalu, tyto látky se vyskytují především ve slupce, proto je důležité zachování celistvosti slupky (de Moura & Mathias 2018). Navíc celistvost slupky napomáhá při scezování tvorbou filtračního koláče (de Moura & Mathias 2018). Při porušení pluchy dochází k problémům při scezování, protože vzniklá vrstva z pluch by byla nedostatečně kyprá a propustná, díky čemuž by se scezování neúměrně prodloužilo (Chládek 2007). Běžně se využívají pro mletí válcové či kladivové mlýny (Kok et al. 2019). Kladivové mlýny se využívají pro mletí zejména v pivovarech s vyšší výrobní kapacitou pro dosažení vyšší účinnosti varny (Yin Tan et al. 2023). Kladivové mlýny zmenší velikost částic a přemění zrna na jemnou mouku, čímž se zvětší plocha povrchu částic v kontaktu s vodou, díky čemuž je možné extrahovat více fermentovatelných cukrů (Yin Tan et al. 2023). Válcový mlýn produkuje spíše hrubší šrot a udržuje slupky neporušené, kdežto kladivový mlýn produkuje jemnější drť a drtí i slupky (Kok et al. 2019). Tudíž sladina získávaná z hrubšího šrotu je získána běžným scezováním, protože obsahuje hrubší částice a slupky tvořící optimální filtrační lože (Kok et al. 2019). Sladina z jemnějšího šrotu je filtrována efektivněji pomocí sladinového filtru (Kosař et al. 2000; Kok et al. 2019). Sladinové filtry mají vyšší účinnost varny, přičemž více než 98 % látek je extrahováno do rmutu (Yin Tan et al. 2023). U mletí také záleží na složení zrna, protože tvrdost zrna je považována za výsledek interakce škrobu, proteinu a β -glukanu (Kok et al. 2019). Endosperm obsahující vyšší obsah škrobu je měkčí, což vede k jemnější mouce při mletí, zatímco vysoký obsah bílkovin a β -glukanu pozitivně koreluje s tvrdostí, což vede k produkci hrubší ječné mouky (Kok et al. 2019).

Existují tři typy mletí sladu, a to suché a mokré mletí a mletí kondicionovaného sladu (Basařová et al. 2021; Yin Tan et al. 2023). Suché mletí je tradiční metoda, často využívaná v pivovarnictví, výhodou je, že se zvyšuje rozdrčení zrna, čímž je zvýšena výtěžnost výroby pivovarské mladiny, nicméně při suchém mletí může docházet k problémům při scezování (Moura & Mathias 2018). Mokré mletí je využíváno až v posledních letech i kvůli snížení prašnosti a eliminaci rizika výbuchu, které je vyšší u suchého mletí (Yin Tan et al. 2023). Další

výhodou mokrého mletí je snížení spotřeby energie a menší opotřebení mlecího válce oproti suchému frézování (Yin Tan et al. 2023). Mokré mletí probíhá za přítomnosti vody (až 45 %), to podporuje pružnost zrna a činí slupku odolnější a pružnější, což snižuje pravděpodobnost rozbití zrna (de Moura & Mathias 2018). Nevýhodou mokrého mletí je přilnavost škrobové frakce k plevám, jež může snižovat výtěžnost (de Moura & Mathias 2018). Dle de Moura & Mathias (2018) při porovnání suchého a mokrého mletí (s vlhkostí 12-15 %) nebyl rozdíl v konečné koncentraci cukrů (glukózy a maltózy), nicméně u mokrého mletí docházelo k rychlejší extrakci a tedy i rychlejšímu rmutování. Sheppard (2021) uvádí, že existuje potenciál pro zlepšení extraktu, zejména pokud je při rmutování použita máčecí voda. Po suchém mletí se provádí kontrola jemnosti sladového šrotu tříděním na Pfundstadsském nebo Bühlerově prosévadle, opatřenými pěti sítý s různým počtem a velikostí ok (Chládek 2007; Basařová et al. 2021). Prosévání probíhá 5 minut, poté jsou zváženy podíly roztříděné na pěti sítích a dně prosévadla a počítá se jako podíl z celkové hmotnosti vzorku sladu (Basařová et al. 2021). Cílem této zkoušky je seřízení štěrbin u válcových mlýnů na ideální hrubost šrotu pro dobrý průběh scezování (Chládek 2007).

Mletí sladů s kondicionáním je založeno na zvlhčování suroviny kropením vodou za teploty 30 °C při pohybu ve šnekovém kondicionéru nebo v máčecí šachtě (Basařová et al. 2021). Po jedné až dvou minutách získávají pluchy elasticitu a tím i odolnost proti rozemílání, poté následuje mletí ve šrotovníku (Basařová et al. 2021). K navlhčení zrna je možné využít páru, avšak nevýhodou při jejím využití je to, že může docházet k přehřátí zrna což by způsobilo inaktivaci sladových enzymů (Basařová et al. 2021). Cílem je navlhčení pouze pluch, ale ne endospermu, protože zvlhčený endosperm ztrácí křehkost získanou rozluštěním, také hrubší části se nevymílají z pluch a je snížen varní výtěžek (Basařová et al. 2021).

3.4.2 Zisk extraktu ze sladu

Tradičně vaření piva začíná po rozdrcení sladu na šrot, následně je šrot smíchán s vodou a zahříván během rmutování (Kok et al. 2019). Díky tomu je možné zmazovat škrobových granulí a jejich lepší dostupnost pro hydrolytické enzymy (Kok et al. 2019). Cílem rmutování je extrahovat složky živin ze zrn a přeměnit je na zkvasitelné za pomoci enzymatické hydrolýzy (Kok et al. 2019). Rmutováním je získána sladina, což je sladká tekutina, jež obsahuje fermentovatelné extrakty z rozkladu škrobu, bílkovin aj. (Kok et al. 2019). Proces rmutování je závislý na typu sladu a jeho rozluštění, na teplotě a času, jak dlouho tento proces probíhá, dále poměrem objemu varní vody se šrotem, a nakonec složením varní vody z hlediska obsahu minerálních látek a pH (Sheppard 2021). Dalším faktorem, jež ovlivňuje tento proces je mletí zrn, přičemž menší částice jsou rychleji hydrolyzovány než větší, protože u jemného mletí mají enzymy lepší přístup k degradovatelným látkám za nižší teploty (již při 35 °C) (Yin Tan et al. 2023). Během rmutování musí být přítomno velké množství zkvasitelných sacharidů, a tedy úroveň sladového extraktu by měla být nad 80 % (Yin Tan et al. 2023). Dle Yin Tan et al. (2023) optimální velikost zrna ječného sladu je mezi 0,25 a 0,5 mm, pro zajištění optimální koncentrace substrátu a aby byla také účinná enzymatická hydrolýza.

Sladina je následně zfiltrována pomocí scezovací kádě, sladinových filtrů a trikantérů (Chládek 2007; Kok et al. 2019). Při scezování se oddělí předek, tedy roztok obsahující extraktivní látky sladu, od sladového šrotu, následuje vyluhování extraktu zbylého v mlátě horkou vodou, načež je vodní výluh (výstřelky) smíchán s předkem, což tvoří celkový objem mladiny (Basařová et al. 2021). Doba scezování v klasické scezovací nádobě trvá tři až tři a půl hodiny, vyslazování trvá 90 až 120 minut při spotřebě vody 4 až 5 hl na tunu sladu (Basařová et al. 2021). Pokud probíhá scezování v moderních scezovacích kádích proces scezování trvá 105 až 140 minut a doba vyslazování se pohybuje mezi 55 až 70 minutami (Basařová et al. 2021).

Sladinové filtry jsou preferovány, když jsou využívány k vaření vyšší podíly surových zrn, zvláště ty, u kterých není zachována jejich slupka jako pšenice, kukuřice a čirok (Kok et al. 2019). Sladinové filtry se využívají i pro nesladovaný ječmen i přes to, že je přítomná slupka, protože surová zrna jsou mleta jemněji než slad, aby se zvětšil povrch pro lepší přístup enzymů a jemnější šrot má negativní vliv na filtrační lože, což snižuje účinnost filtrace ve scezovacích kádích (Kok et al. 2019). Při scezování pomocí sladinových filtrů je filtrace dosaženo pomocí polypropylenových tkanin (velikost pórů 70 mikronů) a proto slad může být nadrcen mnohem jemněji (1 % frakce slupky a 60 % mouky) (Stewart et al. 2018). Díky tomu jemnější šrot umožňuje vyšší účinnost sladinových filtrů (Stewart et al. 2018). Výhodami použití moderních sladinových filtrů jsou zvýšená výtěžnost sladin, snížená spotřeba vyslazovací vody, zisk sladin s nižším obsahem masných kyselin a s nižším provzdušněním mladiny (Basařová et al. 2021). Vyslazování mláta probíhá i u sladinových filtrů, tato operace je rozdělena do dvou kroků (Kosař et al. 2000). V prvním kroku se do filtru přivede za konstantního tlaku vyslazovací voda, která vyplňuje prostor mezi povrchem mlátových koláčů a membránami (Kosař et al. 2000). Ve druhém kroku probíhá další čerpání vyslazovací vody do filtru a zároveň probíhá vyslazování, přičemž výstřelky na konci mají koncentraci pod 1 % (Kosař et al. 2000). Na konci vyslazování filtrace probíhá pomalu, a tudíž je nutné výstřelky odstranit spodním kanálkem, čímž se zvyšuje výtěžek extraktu (Kosař et al. 2000). Po vyslazování probíhá navíc druhé lisování mláta, cílem je získat poslední podíly extraktu a zahustit mláto (Kosař et al. 2000). Další možností scezování je za pomoci mikrofiltrace, díky čemuž je možné produkovat vysoce kvalitní mladinu (Ambrosi et al. 2014). Také je možné pomocí mikrofiltrace extrahovat více než 90 % extraktivních látek z mláta (Ambrosi et al. 2014). Výhodou tohoto procesu je využití jemnějšího mletí sladu a náhražek, čímž se zvyšuje výkonost varny (Ambrosi et al. 2014). Navíc jemnější mletí sladů napomáhá k lepším výtěžkům extraktu, a to vede ke snížení výrobních nákladů (Ambrosi et al. 2014).

Při využití scezovací kádě se mladina (předek) recirkuluje zpět dokud není čirá, načež se filtrační lože promyje čistou horkou vodou pro zisk vyššího extraktu (Ambrosi et al. 2014 ;Holbrook 2020). Mladina recirkuluje zpět nad filtrační lože z důvodu odstranění jemných částic, jež prošly přes frézované/svařené dno (Sheppard 2021). Jemnější šrot je lepší pro přeměnu škrobu na zkvasitelné sacharidy a pro vyšší výtěžnost, avšak hrubší šrot je zapotřebí k udržení propustnosti lůžka během scezování (Stewart et al. 2018). Vyvážením jemného a hrubého sladu je dosaženo díky snaze o nepoškození pluch zrn, aby se

dosáhlo 20 % šrotu s podílem slupek a výsledným 20 % podílem mouky (Stewart et al. 2018). Důležitým faktorem při použití scezovací kádě je rychlost průchodu přes frézované/svažené dno, protože pomalý odtok negativně ovlivní efektivitu varny (Sheppard 2021). Dalšími parametry vztahující se k rychlosti průchodu jsou také propustnost lože, viskozita mladiny či diferenční tlak na filtrační lože (Sheppard 2021). Tlak na filtrační lože závisí na objemu vody ve scezovací kádi, pokud bude tlak příliš vysoký tak propustnost lože bude nízká, to vede k pomalému odtoku (Sheppard 2021). Propustnost lože je také ovlivněna procesem mletí, a tedy velikostí částic, ale i rmutovacím procesem (Sheppard 2021). Scezování také ovlivňuje kvalita sladu, míra degradace vysokomolekulárních látek, teplota či výrobní zařízení (Basařová et al. 2021). Viskozita sladiny je dána koncentrací rozpuštěných látek, zejména obsah sacharidů (Sheppard 2021). Zejména β -glukany zhoršují scezování nebo také štěpné produkty arabinoxylanů (gumovitých látek), jež přispívají k vyšší viskozitě díla (Basařová et al. 2021). Pokud dojde k vyššímu poměru šrot/voda dochází k nárůstu viskozity a zpomalení filtrace, nicméně viskozita je nepřímo úměrná teplotě, a proto když je použita vyslazovací voda o teplotě 78 °C, viskozita sladiny se sníží (Sheppard 2021). Během vyslazování dochází ke snížení extraktu sladiny získané rmutováním, proto je důležité, aby koncentrace předku byla o 4 až 6 % vyšší, než požadovaná stupňovitost sladiny pohromadě před chmelovarem (Basařová et al. 2021). Cílem vyslazování mláta je vylouhovat extrakt, jež je zachycený na povrchu i uvnitř mláta, na začátku vyslazování se extrakt z mláta rychle vymývá, postupně se difuze zpomaluje a poslední zbytky jsou velmi obtížně vymývány (Basařová et al. 2021). Je to dáno zanášením povrchu filtračního koláče a rozdílným složením látek z mláta, jež jsou postupně uvolňovány (Basařová et al. 2021). Vyslazování probíhá poté, co hladina předku klesne pod mláto, scezování je přerušeno a mláto s vodou je prokopáno (prokypřeno) a současně je napuštěna vyslazovací voda (Kosař et al. 2000). Vyslazovací voda by měla mít ideální teplotu mezi 76 až 78 °C (Kosař et al. 2000). Záleží také na složení vyslazovací vody, protože při vyslazování stoupá hodnota pH od 5,8 do až 6 a výše a při vysokém obsahu uhličitánů dochází k vyluhování polypeptidů, barevných, hořkých sladových a vysokomolekulárních dusíkatých látek, jež mají nepříznivý vliv na kvalitu mladiny (Basařová et al. 2021). Vyslazování probíhá buď nepřetržitě, to znamená, že se napustí tolik vody, kolik je potřeba na vyslazení, nebo se načerpává vyslazovací voda po částech (Kosař et al. 2000). To znamená, že napuštěný objem se vždy nechá odtéci po obnažení mláta (Kosař et al. 2000). Nepřetržitě vyslazování je rychlejší, avšak při postupném vyslazování je dosažen vyšší varní výtěžek (extrakt) (Kosař et al. 2000). Objem vyslazovací vody je potřeba vhodně nastavit, aby při dosažení požadovaného objemu mladiny pohromadě zbylo jen minimum vody nad vrstvou mláta, přičemž koncentrace výstřelků na konci vyslazování neměla být vyšší než 0,7 až 1 % (Kosař et al. 2000). Pokud je použita vyslazovací voda o teplotě nad 80 °C nebo při využití výstřelků s obsahem extraktu pod 1,8 % může dojít k přechodu nežádoucí hořkosti a trpkosti do mladiny (Olšovská et al. 2017). Množství vyslazovací vody závisí na množství a koncentraci předku a koncentraci, jež má být dosažena po smíchání předku a vyslazovací vody (Kunze 2010). Běžně je rozdíl extraktu předku a extraktu mladiny u světlých piv mezi 2 až 4 %, u tmavých piv se rozdíl mezi extrakty pohybuje od 6 do 8 %

(Basařová et al. 2021). Z hlediska získávání extraktu je důležitý zbytkový extrakt v mlátě, který by při dobré funkci scezovací kádě neměl překročit 1,3-1,4 % (Kosař et al. 2000). Jedná se o zbytek extraktu v mlátě, jež nebyl vyluhován vodou do mladiny (Basařová et al. 2021). Na obsahu zbytkového extraktu v mlátě se podílí vyloužitelný extrakt z cca 0,5 % a nezucukřený extrakt z 0,8 % (Kosař et al. 2000). Nicméně při výrobě silných piv může mláto ještě obsahovat 2-3 % zbytkového extraktu, avšak delší vyslazování je neekonomické, protože při vyšším objemu mladiny je potřeba více energie na odpaření dostatečného množství výstřelkové vody při chmelovaru (Kunze 2010). Tyto vyšší náklady převyšují přínosy získání vyššího množství extraktu, to se označuje jako prahová hodnota nákladů a přínosů (Kunze 2010). Pokud je předek koncentrovaný, je možné využít větší množství vyslazovací vody (dle požadované stupňovitosti piva) (Kunze 2010). Vyslazovací voda, jež odtéká z mláta je buď odváděna do sběrné nádrže či do kanalizace, vyslazovací vodu lze využít v dalším vaření pro zlepšení účinnosti varny a snížení spotřeby vody (Stewart et al. 2018). Avšak je nutné provést odstředění pro odstranění suspendovaných látek nebo výstřelkovou vodu ošetřit aktivním uhlím pro snížení obsahu tříslovin, dusíkatých látek, barvy a drsné chuti před přidáním do další várky (Briggs 2004).

3.4.3 Vlastnosti extraktu

Sladový výtažek či extrakt je hlavním parametrem kvality pro výběr a nákup sladovnického ječmene (Dráb et al. 2014). Množství extraktu, jež je možné získat ze sladu je hlavním předmětem šlechtitelských programů (Dráb et al. 2014). Sladový extrakt je klíčovým parametrem v hodnocení kvality sladu (Blšáková et al. 2022). Jedná se o sloučeniny, jež se uvolňují do vodného roztoku, který je díky obsahu hořčíku a vápníku ideálním rozpouštědlem pro amylytické enzymy (Blšáková et al. 2022). Hlavní podíl extraktu, jež se uvolňuje ve varném procesu pochází z endospermu sladového zrna (Basařová et al. 2021). Dle odrůdy také záleží na podílu velkých a malých škrobových zrn v endospermu, což má vliv na zcukření mladiny ale i na průběh mletí a složení sladového šrotu (Basařová et al. 2021). Množství extraktu, jež dokáže určitá odrůda sladovnického ječmene vyprodukovat na varně, bude vždy mít zásadní ekonomický význam, protože množství extraktu určuje množství piva, které lze vyrobit (Li et al. 2008). Sladový extrakt je primárně závislý na obsahu škrobu, ale i na dalších vlastnostech jádra ječmene jako je slupka, tloušťka buněčné stěny dále může být ovlivněn adsorpcí vody, distribucí enzymů a rozluštěností sladu (Li et al. 2008). Dalšími faktory, které ovlivňují extrakt je sladovací proces, podmínky při rmutování (pH, teplota, doba rmutování či velikost zrna) (Dráb et al. 2014). Dle Stewarta et al. (2018) vyšší zisk extraktu při vyslazování byl dosažena u jemnějšího mletí. Z hlediska zisku extraktu a fermentovatelné mladiny, je podstatný i obsah dalších látek jako je hořčík, zinek, lipidy a volný aminodusík, tyto živiny splňuje slad z ječmenu, až na obsah zinku (Taylor et al. 2013). Dle Taylora et al. (2013) bylo zjištěno že pro optimální fermentaci během vaření ležáku by měla být koncentrace zinku 0,01-0,15 mg/l a hořčíku 50-100 mg/l. Ke ztrátě hořčíku a zinku může docházet během sladování z 50 až 90 % v důsledku odstranění oplodí či klíčku jež jsou bohaté na minerální látky (Taylor et al. 2013). Z hlediska lipidů může být nižší množství v mladině i přesto že je vyšší

obsah lipidů v celých zrnech, protože jsou nejvíce soustředěny do klíčků, které se při sladování odstraňují (Taylor et al. 2013). S množstvím extraktu v mladině souvisí extrakt v původní mladině, což je vyjádřeno v hmotnostních procentech a dříve tuto charakteristiku popisoval termín stupňovitost piva (Olšovská et al. 2017). Původně se využíval Ballingův sacharometr, uvádějící závislost koncentrace sacharózy na hustotě cukerného roztoku, to poté nahradily Brixovy stupnice a v pivovarnictví je upravil Plato, což je dodnes používaná jednotka v zahraničí (Košin et al. 2016). Je to ukazatel množství sacharidů, nicméně to neurčuje množství alkoholu, které bude vyprodukováno (Mosher & Trantham 2021). Protože z této hodnoty není jasné, kolik nezkrasitelných cukrů obsahuje mladina (Mosher & Trantham 2021). Ke stanovení extraktu se používá destilační metoda, což je referenční metoda, avšak tato metoda je časově náročná, proto se využívá pyknometr, sacharometr či refraktometr (Castritius et al. 2010). Refraktometr je možné použít ke kvantitativnímu stanovení skutečného extraktu, původního extraktu či obsahu alkoholu (Castritius et al. 2010).

Druhým produktem po scezování je mláto, jedná se o velkoobjemový vedlejší produkt získávání extraktu, kterého je ročně vyprodukováno ve světovém měřítku téměř 38,6 milionů tun (Bi et al. 2018). Mláto po vyslazování obsahuje 77 až 81 % vody (Stewart et al. 2018). Mláto jsou převážně plevy, to znamená že je bohaté na celulósovou i necelulósovou polysacharidy a lignin (Jaeger et al. 2021). Dále je bohaté na bílkoviny, přičemž bílkovinná frakce tvoří 19 až 30 % celkového složení zrn (Jaeger et al. 2021). Nejčastějším využitím je zkrmování mláta hospodářskými zvířaty (Bi et al. 2018). V posledních letech bylo vynaloženo mnoho úsilí pro zhodnocení mláta, se zaměřením na průmyslové využití zbytkových sacharidů, proteinů či fenolických sloučenin pro lidskou výživu nebo pro produkci energie, mikroorganismů nebo enzymů (Bi et al. 2018). Také bylo zkoumáno mláto jako adsorbent k odstranění kovů z odpadní vody (Becker et al. 2023). Hlavní vývoj se ubírá směrem optimalizace procesu rmutování přidáním průmyslových enzymů, mimo to, pokud by byl nahrazen sladovaný ječmen tím surovým s přidavkem enzymů, došlo by k výraznému snížení spotřeby vody a snížené produkci odpadních vod ze sladování (Bi et al. 2018). Na každou tunu vyrobeného sladu připadá 4,5 až 5 m³ odpadní vody (Bi et al. 2018). U piva náleží na každých 100 litrů piva 20 kg mokrého mláta (Jaeger et al. 2021).

3.5 Výroba piva

Pivo je alkoholický nápoj starý přibližně 6 až 8 tisíc let, avšak jeho základy výroby zůstávají stále stejné (Ambrosi et al. 2014). Nicméně tento nápoj nepochází z jednoho místa, ale pravděpodobně se objevil nezávisle na sobě v různých částech světa přibližně ve stejném časovém období (Chládek 2007). V Mezopotámii šlo o produkt kvašení pšenice či ječmene, v jihovýchodní Asii bylo objeveno rýžové pivo, v některých částech Afriky zase nápoj z prosa a původní obyvatelé Ameriky používali k výrobě piva kukuřici (Chládek 2007). Pivo znali Sumerové i Babyloňané, dle historiků znali dokonce 20 druhů piv např. pivo husté, pivo černé nebo pivo červené (Chládek 2007).

Výroba piva má počátek ve výrobě sladu. Pro pivovarský průmysl je nejdůležitější obilovinou sladovníký ječmen (Kosař et al. 2000). Základem výroby sladu je namletí

endospermu zrn obilnin na různou hrubost (Olšovská et al. 2017). Toto mechanické rozrušení zrna je důležité pro zpřístupnění a rozpuštění extraktivních látek sladu (Basařová et al. 2010). Dále jsou ovlivněny biologické a chemické procesy probíhající při rmutování a dalším procesu vaření piva (Basařová et al. 2010). Prvním krokem při vaření piva je rmutování, při této fázi je nejdůležitější štěpení škrobu ze sladu na zkvasitelné sacharidy působením amylolytických enzymů (Basařová et al. 2021). Slad je smíchán s varní vodou ve vystírací kádi, či ve rmutovací pánvi, dle technologického zařízení pivovaru (Chládek 2007). Voda má běžně teplotu okolo 35-38 °C, to se označuje jako kyselinotvorná teplota (Basařová et al. 2010). Tato teplota napomáhá rozpuštění látek extraktu a zpřístupňuje jej působení sladových enzymů při dalším zvyšování teplot, během rmutování (Basařová et al. 2010). Rozemletý slad obsahuje jen málo látek rozpustných ve vodě, jedná se především o sacharidy nebo nízkomolekulární dusíkaté látky, nicméně pro docílení dobrého výtěžku je nutné převedení největšího možného množství těchto látek do roztoku (Basařová et al. 2010). Množství rozpustných látek závisí na množství a složení jednotlivých sladů (Basařová et al. 2010). Běžně se ze sladu vylouží během rmutování menší část extraktu cca 15-17 % pouhým účinkem vyšší teploty a mícháním (Kosař et al. 2000). Vysokomolekulární látky z obilného endospermu jsou převedeny do roztoku po rozštěpení sladovými enzymy (Kosař et al. 2000).

Ve rmutovací pánvi se začne směs zahřívat neboli rmutovat, při postupném zahřívání se aktivují enzymy, jež podporují rozklad složitých a nerozpustných sacharidů na jednodušší molekuly (Ambrosi et al. 2014). Škrobová zrna obsažená ve sladu začínají bobtnat při pomalém zahřívání, při teplotě okolo 52 °C vzniká škrobový maz (Chládek 2007). Při zvyšování teploty se škrobový maz ztekucuje, tento děj probíhá při 65 °C, to se označuje jako nižší cukrotvorná teplota (Chládek 2007). Tato teplota zajišťuje optimální podmínky pro amylolytické enzymy, především pro β -amylasu (Basařová et al. 2010). Ztekucení škrobu je enzymový děj, při kterém se zkracují řetězce molekul amylozy a amylopektinu až dojde ke zcukření při teplotě 72-75 °C, to označujeme jako vyšší cukrotvornou teplotu (Chládek 2007). Při této teplotě jsou optimální podmínky pro působení enzymu α -amylasy, během této teploty nastává prodleva do doby, kdy je tzv. jodová zkouška pozitivní (rmut již nereaguje s roztokem jodu) (Basařová et al. 2010). Produktem štěpení škrobu je maltóza, dextriny a malé množství monosacharidů (glukóza, fruktóza) a oligosacharidů (Basařová et al. 2021). Způsobem, jakým probíhá rmutování je ovlivněna kvalita mladiny, další proces výroby piva nebo také aromatické a organoleptické vlastnosti (Basařová et al. 2021). Rmutování lze provádět dvěma způsoby, a to dekokčním nebo infuzním rmutováním, k obou těmto postupům je potřeba rozdílné vybavení varny (Chládek 2007). Dekokční rmutování se provádí postupným vyhříváním jednoho až tří podílů rmutu (Basařová et al. 2010). Infuzní rmutování probíhá tak, že slad je přidán do vody, jež má teplotu 60 až 62 °C, takto je ponechán po dobu 45 minut (Chládek 2007). Po této době se teplota zvedne na 72 °C a slad s vodou je takto ponechán po dobu jedné hodiny (Chládek 2007). Infuzní rmutování zajišťuje rozpuštění či štěpení sacharidů a dalších extraktivních látek dlouhodobým účinkem sladových enzymů bez tepelného a mechanického působení povařovaných rmutů (Basařová et al. 2010). V českých pivovarech je nejběžnější

dekokční rmutování, nejčastěji vaření na dva rmuty, v zahraničí je více rozšířen infuzní způsob vaření (Chládek 2007).

Po skončení rmutování následuje scezování, vzniklé dílo je potřeba rozdělit na dvě fáze, kapalnou a pevnou neboli na sladinu a mláto (Chládek 2007). Při scezování dochází nejdřív ke scezování předku (roztok obsahující extraktivní látky ze sladu) a vyslazování mláta (Kosař et al. 2000). Ve scezovací kádi je vytvořeno tzv. filtrační lože z mláta, přes které protéká předek a tím se filtruje (Ambrosi et al. 2014). První část, jež projde přes tuto filtrační vrstvu je kalná, a proto se přečerpává nazpět nad mláto k opětovné filtraci, dokud zákal neklesne pod 40-50 jednotek EBC (Basařová et al. 2010). Dále se sleduje čírost a stupňovitost sladiny, protože po přefiltrování předku je nutné vyslazování mláta (Chládek 2007). Mláto se vyslazuje kvůli množství extraktu, který je stále přítomný v mlátě a je nutné jej extrahovat horkou vodou, stupňovitost je měřena sacharometrem (Chládek 2007). Ve sladíně v průběhu scezování dochází k poklesu stupňovitosti právě kvůli vyslazování, protože je smíchána první část (předek) postupně s vyslazovací (výstřelkovou) vodou (Basařová et al. 2021). Scezování je ukončeno po snížení cukernatosti v mlátě pod 1 % (Chládek 2007).

Dalším krokem po získání mladiny je chmelovar, při kterém se sladina vaří v mladinové pánvi s chmelem po dobu 90-120 minut (Kosař et al. 2000). Během chmelovaru je postupně přidáván chmel v podobě chmelového extraktu, granulátu či výjimečně v podobě celé sušené chmelové hlávky (Chládek 2007). Chmelovar je důležitý z několika hledisek. Prvním z nich je odpaření přebytečné vody, čímž je optimalizován obsah extraktu a tím pádem zajištěn stupňovitost vyrobené mladiny, dle typu piva (Chládek 2007; Basařová et al. 2021). Velmi důležitým pochodem je vyloučení vysokomolekulárních bílkovin a kvalitní tvorba lomu (Kosař et al. 2000). Vylučování vysokomolekulárních látek se projevuje tím, že se průhledná sladina při varu zakalí a začnou vznikat jemné vločky, později se shlukují tyto vločky do objemných dobře ohraničených shluků, to je známkou o správném průběhu chmelovaru (Kosař et al. 2000). Koagulace bílkovin je ovlivněna teplotou, tlakem, pohybem, složením mladiny a pH (Basařová et al. 2021). Izoelektrický bod pro koagulaci bílkovin je pH 5,2 (Basařová et al. 2021). Dále je nutné odpaření těžkých látek jako jsou např. chmelové silice či dimethylsulfid aj. (Basařová et al. 2021). Také během chmelovaru dochází k inaktivaci enzymů a sterilaci mladiny, přičemž k inaktivaci enzymů dochází již při zahřívání a ke sterilaci až během varu (Kosař et al. 2000; Basařová et al. 2021). Ke sterilaci přispívá také snížené pH a aseptické působení látek chmele, čímž jsou zneškodněny bakterie, plísňe či kvasinky jež se mohou přirozeně vyskytovat ve sladíně z předchozího zpracování (Basařová et al. 2021). V rámci chmelovaru dochází k rozpuštění a izomeraci hořkých kyselin, jedná se o α a β -hořké kyseliny, které mají rozdílnou rozpustnost a rozdílně se podílí na intenzitě a charakteru hořkosti, jež propůjčují pivu (Basařová et al. 2021). Hořkost ovlivňují zejména α -hořké kyseliny které při chmelovaru izomerizují na Izo – α -hořké kyseliny (Basařová et al. 2021). Při delším varu jsou přítomné v mladíně také β -hořké kyseliny (Basařová et al. 2021). Na výslednou hořkost má vliv také chemické složení varní vody, kdy u měkké vody je hořkost jemnější a lahodnější a u tvrdé vody je hořkost více drsná a hrubší (Basařová et al. 2021). U chmele dochází také k rozpuštění a úpravě látek jako jsou polyfenoly, dusíkaté látky, lipidy a dusičnany

během chmelovaru (Basařová et al. 2021). Po ukončení chmelovaru dochází vlivem dostředivé síly ve vířivé kádí k separaci hořkých kalů z mladiny (Basařová et al. 2021). V mladině jsou obsaženy hrubé a jemné kaly, ty hrubé se vylučují za vyšších teplot, kdežto ty jemné jsou vylučovány po ochlazení mladiny pod 60 °C (Basařová et al. 2021). Tyto kaly je nutné odstranit z důvodu zanášení povrchu kvasničných buněk vločkami kalu, odstranění je možné odstředivkami, dekantéry, usazovací či vířivou kádí v případě hrubých kalů (Basařová et al. 2021). V případně jemných kalů lze odstranit pomocí zákvasné či sedimentační kádě, či filtrací studené mladiny na naplavovacích síťových nebo svíčkových filtrech (Basařová et al. 2021).

Po chmelovaru následuje chlazení a kvašení mladiny, kdy je potřeba vroucí mladinu zchladit na zákvasnou teplotu 6 °C pomocí deskových nebo trubkových chladičů (Basařová et al. 2021). Po zchlazení následuje kvašení, přičemž tento proces lze rozdělit na hlavní kvašení a dokvašování. Při kvašení dochází k řízené přeměně sacharidů na alkohol a CO₂ a k vytvoření charakteristických organoleptických vlastností piva (Kosař et al. 2000). Hlavní kvašení probíhá buď v otevřených kádích umístěných v chladičích místnostech zvané spilky, nebo v uzavřených cylindrokonických tancích (CKT) (Olšovská et al. 2017). Po zchlazení provzdušněné a zakvašené mladiny následuje hlavní kvašení (Olšovská et al. 2017). V pivovarech využívané kvasinky se rozdělují jako kvasinky svrchního a spodního kvašení. Mezi zástupce spodních kvasinek se řadí převážně *Saccharomyces cerevisiae (carlsbergensis)*, tyto kvasinky jsou využívány při výrobě ležáku plzeňského typu a usazují se na dně kvasné nádoby po ukončení kvašení (Basařová et al. 2021). Pro výrobu piv Ale, Stout a Porter jsou využívány kvasinky svrchního kvašení *Saccharomyces cerevisiae subsp. Cerevisiae* (Kosař et al. 2000). Hlavní rozdíl v kvašení je v teplotě a délce hlavního kvašení, přičemž spodní kvašení probíhá 7-15 °C a trvá 6-8 dní, kdežto svrchní kvašení probíhá při pokojové teplotě (Olšovská et al. 2017). Proces kvašení lze rozdělit na čtyři fáze, kdy při první fázi rozptýlené kvasinky započínají alkoholové kvašení, a to se vyznačuje tvorbou pěny na povrchu mladiny a uvolňováním oxidu uhličitého (Chládek 2007). Konec první fáze je dán houstnutím pěny, soustředěné doprostřed kvasné nádoby, protože oxid uhličitý stoupá vzhůru po stěnách (Chládek 2007). Ve druhé fázi se objevují bílé kroužky, tato fáze trvá dva až tři dny (Chládek 2007). Ve třetí fázi se tvoří vysoké hnědé kroužky, což jsou původně bílé kroužky obarvené díky přítomnosti chmelových látek a tříslovin, jež jsou vynášeny oxidem uhličitým ze dna na povrch mladiny (Chládek 2007). Při čtvrté fázi dochází k aglutinaci a sedimentaci kvasnic za vzniku nízké hnědé pokrývky z vyloučených látek na povrchu mladého piva (Chládek 2007; Olšovská et al. 2017). Tuto hnědou pokrývku je nutné sebrat z povrchu mladého piva, protože při jejím propadu do piva by mohla být negativně ovlivněna chuť piva (Basařová et al. 2021). Kvasinky sedimentují na dno kvasné nádoby a probíhá sběr kvasnic, následuje jejich vyprání a promytí studenou vodou, a je možné je využít k dalšímu zakvašení (Olšovská et al. 2017). Po kvašení následuje převedení mladého piva do ležáckých tanků a probíhá dokvašování při kterém pivo leží při teplotě 0-3 °C, za účelem dosažení chuťové zralosti (Olšovská et al. 2017). Obvyklá doba dokvašování u desetistupňových piv se pohybuje okolo 20 dnů, u dvanácti stupňových ležáků se doba ležení může vyšplhat až na 70 dnů

(Basařová et al. 2021). U svrchně kvašených piv probíhá dokvašování za přídavku tekutého cukru na podporu dokvašování či kuléru, pro zvýšení barvy při výrobě piva typu „Ale“, takto je pivo dokvašováno osm až patnáct dní při teplotě 13-16 °C (Basařová et al. 2021).

Po kvašení a ležení následuje filtrace, nicméně u menších pivovarů filtrace neprobíhá a následuje přímo stáčení do obalů. Proces filtrace spočívá v oddělení suspendovaných částic v pivu od filtrátu, oddělované částice obsahují kvasinky, bakterie či zákalotvorné částice jako jsou bílkoviny a polyfenoly (Basařová et al. 2021). Separace kvasnic lze provést filtrací či odstředováním (Kosař et al. 2000). Filtrace probíhá přes porézní filtrační přepážky, kde jsou zachycovány pevné částice (Kosař et al. 2000). Lze také filtrovat přes různé materiály, jako je křemelina či perlit (Basařová et al. 2021). Avšak v dnešní době se zkoumá využití přírodních zeolitů jako filtračních materiálů místo křemeliny (Cadar et al. 2023). Protože křemelina je klasifikována jako těžký karcinogen a zeolity jsou při likvidaci netoxické a bezpečné pro životní prostředí (Cadar et al. 2023). Vedle těchto materiálů jsou i různé druhy filtrů, dnes jsou hojně využívané naplavovací filtry, které lze rozdělit na deskové, svíčkové či síťové (Kosař et al. 2000). Během filtrace jsou běžně využívány přípravky zajištění koloidní stability, srážecí stabilizátory (tanin), adsorpční (silicagel), enzymové (papain) či antioxidační přípravky (kyselina askorbová) (Olšovská et al. 2017). Dále jsou vyvíjeny a využívány membránové moduly v jejichž pórech jsou zachyceny koloidní látky, a tudíž nedochází k možnému předávkování, jako je tomu u stabilizačních prostředků (Basařová et al. 2021). Po procesu filtrace je pivo převedeno do přetlačných tanků, které se nesmí při přečerpání provzdušnit, jinak by mohlo dojít k narušení koloidní a senzorké stability (Basařová et al. 2021).

Finálním krokem při výrobě piva je pasterace a stáčení. Pro stáčení jsou využívány různé obaly, dříve se hojně využívaly dřevěné sudy, dnes se využívají nerezové sudy. Nejvíce používané spotřebitelské obaly jsou skleněné lahve různých typů, plastové vyfukované lahve či nápojové plechovky. Pro větší objemy jsou využívány sudy o objemu od 10 do 150 litrů, party soudky, plastové jednocestné soudky či tanky (Basařová et al. 2021).

Se stáčením piva do obalů souvisí již zmíněná pasterace, v pivovarech se využívá tunelová či průtoková pasterace (Kosař et al. 2000). V tunelovém pastéru se ohřívají již naplněné skleněné lahve či nápojové plechovky postupným sprchováním horkou vodou při průchodu tunelem na teplotu 62 °C (Kosař et al. 2000). Kdežto průtoková pasterace probíhá před stočením piva do spotřebitelských obalů, zejména party soudků, plastových lahví či sudů a tanků (Basařová et al. 2021). Tato pasterace probíhá v průtočném tepelném výměníku neboli průtokovém pastéru, kde probíhá ohřátí piva na teplotu 72 °C (Chládek 2007; Basařová et al. 2021). Tato teplota je udržována po určitou dobu a poté je pivo zchlazováno na původní teplotu (Chládek 2007). Průtokový pastér je tvořen čtyřmi částmi, a tedy ohřívací sekcí, pasterizační sekcí, výdržníkovou sekcí a dochlazovací sekcí (Chládek 2007). Tepelný výměník je ekonomický a nejběžnější průtokový pastér i díky tomu, že v části zvané regenerační sekce se v protiproudu ohřívá nepasterované pivo tím pasterovaným (Basařová et al. 2021). Oba typy pasterace mají své výhody i nevýhody. Z hlediska účinnosti pasterace lépe vychází tunelová pasterace, protože lépe zajistí mikrobiologickou stabilitu piva, nicméně jedná se o nákladné zařízení (Basařová et al. 2021).

U průtokové pasterace je výhodou, že nedochází ke změnám organoleptických vlastností piva za nižší spotřeby energie potřebné na její provoz, nicméně je nezbytné dodržovat perfektní sterilitu všech zařízení, se kterými pasterované pivo přijde do styku, jinak dojde ke kontaminaci a účel pasterace ztratí smysl (Basařová et al. 2021).

3.6 Pivní styly

Každé pivo na světě je jiné, region po regionu či pivovar od pivovaru, pivo se historicky vyrábělo z místních surovin (Mosher & Trantham 2021). Existují však pivní receptury a postupy které jsou podobné a na základě podobnosti jsou piva klasifikována do stylů (Mosher & Trantham 2021). Nejčastější klasifikace je dle způsobu kvašení a tedy spodně, svrchně a spontánně kvašená piva (Olšovská et al. 2017). Velmi zjednodušeně lze rozdělit vyráběné styly piva na ležáky a Ale (Bamforth 2023). Také existují hybridy, kdy jsou využívány kvasinky spodního kvašení k výrobě svrchních piv, a naopak kvasinky svrchního kvašení k výrobě ležáků (Basařová et al. 2021). Ležáky se historicky vyráběly ze světlých sladů, dekokčním rmutováním, také část chmele se přidávala později kvůli zachování chmelových silic (Bamforth 2023). Zakvášecí teplota se u ležáku pohybuje mezi 6-15 °C, využívají se kvasinky spodního kvašení (*Saccharomyces pastoranus*), které v průběhu procesu kvašení klesají ke dnu (Bamforth 2023). Ležák se tak označuje proto, že ještě dlouho po kvašení leží při nízkých teplotách (Li et al. 2017). Díky nižším teplotám při kvašení a ležení a odlišnému druhu kvasinek, se ležáky liší i chutí od piv typu Ale, ležáky zvýrazňují chuť surovin, jako sladkou vůni sladu a svěžest pocházející z chmelu (Li et al. 2017).

Kdežto tradiční vaření piva typu Ale spočívalo zejména ve využití často silně pražených sladů (Bamforth 2023). Také kvašení mladiny probíhalo při 15-25 °C za pomoci kvasinek svrchního kvašení (*Saccharomyces cerevisiae*) (Bamforth 2023). Tyto kvasinky jsou hydrofobní, díky tomu ulpívají na oxidu uhličitým stoupajícím k povrchu a vytváří na povrchu kvasné nádoby pěnu (Li et al. 2017). Chuť bývá výrazná díky vyššímu obsahu esterových sloučenin a dalších aromatických produktů, díky němuž piva stylu Ale mají ovocné aroma (Li et al. 2017). Celkové množství chmele bylo přidáváno až do hotového piva, avšak původně piva typu Ale patřila k nechmeleným (Basařová et al. 2021; Bamforth 2023).

3.6.1 Ležáky

Ležáky se dělí na Evropské, Anglické, Americké a ostatní ležáky (Mosher & Trantham 2021). Evropské ležáky jsou velmi rozmanité, řadí se mezi ně ležáky plzeňského typu, tmavší vídeňský ležák a Maerzen, dále Dopplebock a Eisbock které jsou tmavé (Mosher & Trantham 2021). Vídeňský ležák neboli Maerzen má silnější praženou chuť ze sladu, oproti ležáku plzeňského typu (Mosher & Trantham 2021). Maerzen je pivo vyráběné speciálně na Oktoberfest a je vařeno v březnu, vyznačuje se vyšším obsahem alkoholu (6,5 %) (Bamforth 2023). Dopplebock se vyznačuje vyšším obsahem alkoholu v rozmezí 7 až 10 %, Eisbock má obsah alkoholu od 8 % výše (Mosher & Trantham 2021). V České republice

dominují především světlá spodně kvašená piva (tzv. plzeňského typu) (Olšovská et al. 2017). Avšak tomu bylo jinak do poloviny 19. století, dříve se vařila pšeničná svrchní piva (Basařová et al. 2021). Ležáky plzeňského typu se vyznačují obsahem alkoholu 4,8 až 5,5 % a hořkostí 30 až 45 IBU (Bamforth 2023). Plzeňský ležák má střední plnost a světlou jantarovou barvu, na rozdíl od většiny světových piv se nevyrábí infuzním rmutováním, ale dekokčním rmutováním (Olšovská et al. 2017). Polotmavé a tmavé ležáky mají nižší hořkost a vyšší plnost, díky použití karamelových a barvicích sladů, díky nimž jsou v chuti znatelné karamelové a pražené tóny (Olšovská et al. 2017).

Ležáky v Anglii nebyly původně preferovaný styl, nicméně v dnešní době je to jeden z nejprodávanějších stylů (Mosher & Trantham 2021). Jde o spodně kvašené pivo, s čistou a svěží chutí, využívají se také náhražky pro odlehčení chuti (Mosher & Trantham 2021). Mají světlejší barvu a méně alkoholu (mezi 3,5 až 4,5 %) (Mosher & Trantham 2021). Americké ležáky jsou velmi oblíbené, vyrábí se z velkého množství sladových náhražek jako je rýže či kukuřice (Mosher & Trantham 2021). Obsah alkoholu se pohybuje mezi 3,5 až 7 % (Mosher & Trantham 2021).

3.6.2 Piva typu Ale

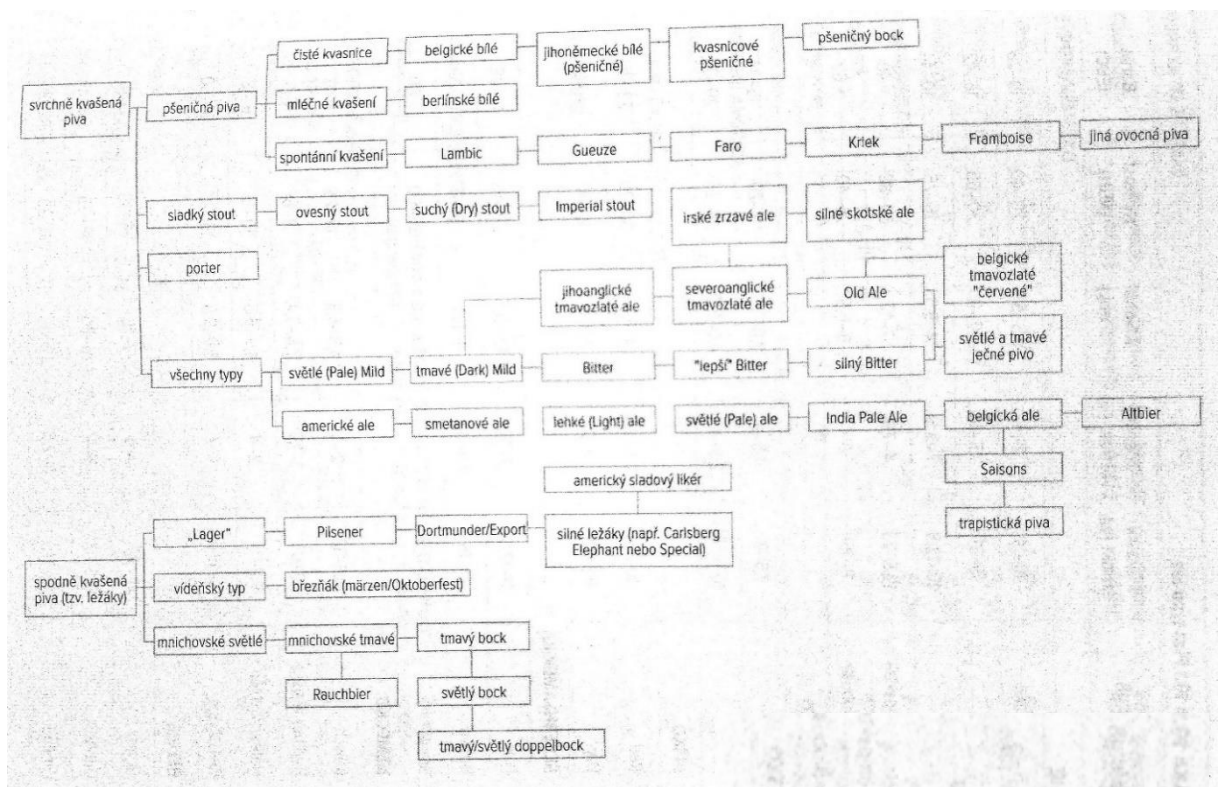
Piva typu Ale dělí na evropská piva, anglická, skotská, irská a americká piva (Mosher & Trantham 2021). Evropská piva pochází zejména z Belgie, Francie a Německa (Mosher & Trantham 2021). Německá piva jsou vyrobena z pšenice či žita, často jsou zakalená, nepříliš hořká s chutí hřebíčku a banánu (Mosher & Trantham 2021). Belgická a francouzská piva mají bohatou, plnou a komplexní chuť, na tomto základě je lze rozdělit na kyselá piva a belgická piva (Mosher & Trantham 2021). Kyselá piva mají různou kyselost od sotva postřehnutelné po silnou kyselost, jež je dána použitím světlých sladů, sladová příchutě je doplněna o ovocné či kořeněné tóny, přičemž obsah alkoholu se liší v závislosti na konkrétním stylu či regionu (Mosher & Trantham 2021). Využívají se divoké kvasinky a bakterie ke kvašení jako *Lactobacillus* či *Brettanomyces* (Mosher & Trantham, 2021). Kyselá piva zahrnují styly jako Saison, Oud Bruin, Witbier, Berliner Weisse, Lambic a Geuze (Mosher & Trantham 2021). Belgické pivo typu Ale má vyšší obsah alkoholu než kyselá piva, obsah alkoholu se pohybuje mezi 6 až 12 % (Mosher & Trantham 2021). Tyto piva mají komplexní chuť a tmavší barvu (Mosher & Trantham 2021). Příkladem tohoto stylu jsou trapistická piva, jež jsou vařena ve trapistických kláštřích, kterých je v Evropě 13, které mají licenci na vaření piva nazývaného se Trappist Ale (Mosher & Trantham 2021; Bamforth 2023). Podle obsahu alkoholu se dělí trapistická piva na enkel, dubbel, tripel a quadrupel (Bamforth 2023).

Anglická, skotská a irská piva obsahují škálu podobných produktů, podobnosti jsou zejména v použitých druzích sladů a chmelu (Mosher & Trantham 2021). Anglická piva (English pale ale) se vyznačují svrchním kvašením, obsah alkoholu se pohybuje mezi 3 až 6 % (Bamforth 2023). Běžně se podávají při vyšší teplotě 10-13 °C (Bamforth 2023). Tento typ lze rozdělit na běžný (s obsahem alkoholu mezi 3-4 %, s hořkostí 20-35 IBU), dále na speciální (s obsahem alkoholu mezi 4,1-4,8 % a hořkostí mezi 30-45 IBU) a extra speciální (s obsahem alkoholu 4,9-5,8 % a hořkostí 35-55 IBU) (Bamforth 2023). Postupně do tohoto typu piva bylo

přidáváno větší množství chmelu nebo byl zvyšován obsah alkoholu pro lepší trvanlivost piv, kvůli exportu do kolonií, díky čemuž vznikl styl India Pale Ale (Mosher & Trantham 2021). Při exportu do Ruska se vařila tmavší sladová piva s vyšším obsahem alkoholu, známá jako styly Imperial Stout a Robust Porter (Mosher & Trantham 2021). V dnešní době je Porter tmavé pivo, jež má nižší obsah alkoholu (v rozmezí 4-6 %) s tóny karamelu, kávy nebo čokolády (Mosher & Trantham 2021). Styl Stout byl původně silnější verze Porteru, toto pivo má tmavou barvu a výraznou hořkost danou praženou chutí, obsah alkoholu se pohybuje mezi 4-6 % (Mosher & Trantham 2021). Stout byl původně irský styl (Olšovská et al. 2017). Porter i Stout jsou charakteristické hustou pěnou, tmavou barvou a příchutí po praženém sladu, mohou mít i ovocnou příchut' (Olšovská et al. 2017). Pivo typu Skotský Ale je sladší, tmavší a méně chmelové, než anglická piva (Bamforth 2023). Obsah alkoholu se pohybuje mezi 2 až 5 % (Bamforth 2023). Irské pivo, známé jako Irish Red Ale, nemá historický původ v Irsku (Bamforth 2023). Tento styl se vyznačuje načervenalým odstínem, což je dáno použitím zrněk, jež mají tmavě jantarovou až červenou barvu (Mosher & Trantham 2021). Tento styl má silnou hořkost a obsah alkoholu se pohybuje mezi 4 až 6 % (Mosher & Trantham 2021).

Americký Ale byl vyvinut ve Spojených státech v osmdesátých letech 20. století, pivo je podobné typu IPA, ale slabší (Olšovská et al. 2017). Piva typu Americký Ale (American Pale Ale) jsou více hořké díky vyššímu použití chmelu, oproti svému předchůdci English Pale Ale, a to jak na začátku chmelovaru, tak i po ochlazení tzv. studeným chmelením (Bamforth 2023). Obsah alkoholu je také vyšší, rozmezí je mezi 5,5 a 6,3 % (Bamforth 2023).

Obrázek č.3: Přehled pivních stylů a jejich základní rozdělení (Basařová et al. 2021)



4 Metodika

4.1 Technická specifikace experimentálního pivovaru FAPPZ

Praktická část diplomové práce probíhala v demonstračním pivovaru v pavilonu Výukového centra zpracování zemědělských produktů (VCZZP) Fakulty agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů. Hlavním výrobcem pivovaru je firma Czech brewery systém s.r.o. V pivovaru se nachází také sladovna, která disponuje hvozdem, máčírnou a klíčírnou pro úpravu zrn a výrobu sladu. Sladovna je také opatřena dvouválcovým šrotovníkem Ss Grain Mill od společnosti Ss Brewtech (viz obrázek č. 4). Tento šrotovník má hliníkovou konstrukci a dvojité mlecí válce s protisměrným otáčením. Nastavení mezery mezi mlecími válci se provádí mechanicky, je zde 11 nastavitelných stupňů. Rozsah mezery mezi mlecími válci je 0,5-2 mm. Na šrotovníku je možné rozemlít až 160 kg sladu za hodinu. Pomocí tohoto šrotovníku probíhá mletí zrn za sucha.

Pivovar je vybaven varní soupravou, která je celonerezová s označením VN 50 L. Tato varna má výstav 50 litrů na várku, je určena k výrobě mladiny dekokčním či infuzním způsobem. Skládá se ze 4 samostatných nádob, a to rmutovací nádoby, scezovací kádě, zásobníku horké vody a vířivé kádě. Rmutovací nádoba má skutečný objem 98 litrů, scezovací kád' 64 litrů, vířivá kád' 72 litrů a zásobník vody má celkový objem vody 126 litrů.



Obrázek č. 4: Šrotovník sladu Ss brewtech (Dostupné z: <https://www.ssbrewtech.com/products/ss-grain-mill>)

Pro měření byly vybrány tři druhy piva vyráběné v experimentálním pivovaru FAPPZ (viz Tabulka č. 3). Prvním z nich je pivo s názvem Amber 11°. Jedná se o polotmavé pivo a jde o pivní styl Brown Ale. Druhým pivem zvoleným pro měření je pivo s názvem Solaris 9°. Jde o pivní styl American Pale Ale. Třetí pivo s názvem Navoněná 10° představuje styl India Pale Ale. Všechny tři piva jsou svrchně kvašená, vařená infuzním způsobem rmutování. Infuzní rmutování probíhá tak, že slad je přidán do varní vody, jež má teplotu 60 až 62 °C, takto je slad s vodou ponechán po dobu 45 minut. Následně se teplota zvedne na 72 °C a slad je takto rmutován po dobu jedné hodiny. V Tabulce č. 4 jsou zaznamenány kvalitativní ukazatele použitých sladů v experimentální části práce.

Tabulka č. 3: Vlastnosti piv, jež byly vybrány pro měření

Název piva	Pivní styl	Stupňovitost (°Plato)	Použité slady
Amber	Brown Ale	11	<ul style="list-style-type: none"> • Plzeňský slad • Red X
Solaris	American Pale Ale	9	<ul style="list-style-type: none"> • Pale Ale • Plzeňský slad • Crisp best Ale
Navoněná 10°	India Pale Ale	10	<ul style="list-style-type: none"> • Plzeňský slad • Mníchovský slad • Melanoid

Tabulka č. 4: Kvalitativní parametry použitých sladů

	Red X	Pale Ale	Plzeňský slad	Crisp best Ale	Mníchovský slad	Melanoid
Obsah vlhkosti (%)	4,9	4,9	4,9	3,5	4,9	4,9
Extrakt v sušině (%)	79	80,5	80,5	80,8	80,5	75
Friabilita (%)	76	81	81	-	78	-
Obsah dusíkatých látek (%)	12	9-11,5	9-11,5	8-10	9-12	12
Kolbachovo číslo (%)	-	36-45	36-45	43-54	36-47	-

Dostupné z:¹

¹ <https://www.beerex.cz/slاد-best-pale-ale/>
<https://www.beerex.cz/slاد-best-pilsen-malt--plzensky-slاد/>

4.2 Měření extraktu předku, vyslazovací vody a celkového objemu mladiny

Pro vypovídající výsledky celý technologický postup vaření jednotlivých druhů piva probíhal identicky. Při vaření tří typů piva bylo použito 6 kupovaných druhů sladů. Konkrétně na várku piva Amber byly vždy použity 4 kg plzeňského sladu a 16 kg sladu Red X. Na várku Solarisu bylo použito 7,1 kg Pale Ale sladu, 6,6 kg plzeňského sladu a 2,6 kg sladu Crisp best Ale. Na várku Navoněné 10 bylo použito 14,1 kg plzeňského sladu, 4,1 kg mnichovského sladu a 2,1 kg sladu Melanoid. Při vaření piva bylo vždy použito stejné množství surovin, a to jak sladu, tak i varní vody použité pro rmutování. Varní vody pro vystírání potažmo rmutování bylo vždy použito 60 litrů. Všechny slady pro výrobu všech tří typů piva byly mlety na stupeň č. 3. Po procesu rmutování došlo k přečerpání sladiny do scezovací kádě, následoval odpočinek díla a podrážení. Odpočinek díla znamená sedimentaci pluch a dalších tuhých částic jež vytvoří filtrační vrstvu. Následně po odpočinku díla následovalo podrážení, což znamená postupně rychlé otevírání a uzavírání scezovacích kohoutů, kvůli strhnutí kalických částic. Zkalený roztok byl přečerpán nazpět do scezovací kádě, aby nebyla narušena vrstva mláta, sloužící jako filtrační přepážka. Následovalo scezování ve scezovací kádi, kdy probíhalo stékání předku a kaly se zachycovaly ve filtrační vrstvě. Objem předku byl u každé várky odlišný (i v rámci jednoho druhu piva). Po skončení stékání předku následovalo vyslazování mláta a scezování výstřelků. Po stékání předku byla do scezovací kádě přivedena vyslazovací voda, hned co byla obnažena vrstva mláta. Výstřelková voda měla vždy teplotu 78 °C a byla čerpána do scezovací kádě ze zásobníku s vodou. Předem byl dán objem výstřelkové vody, objem první výstřelkové vody byl 35 litrů, druhé výstřelkové vody byl 25 litrů a třetí byla 15 litrů, tedy celkově bylo využito pro každou várku 75 litrů výstřelkové vody. Celkový objem získaný po vyslazování se lišil u každé várky v závislosti na objemu předku. Cukernatost (extrakt) byl změřen nejprve u předku a následně u jednotlivých výstřelků. Extrakt neboli koncentrace sacharidů, je ukazatelem množství sacharidů v kapalině (zkrasitelných i nezkrasitelných). Extrakt byl měřen za pomoci sacharometru (hustoměru). Dle očekávaného extraktu byl zvolen sacharometr o daném rozsahu (10-20 % hm, 0-10 % hm). Vzorek předku či jednotlivých výstřelků byl odebrán do kovového válce, kde došlo ke zchlazení na 20 °C a poté byl změřen extrakt, protože sacharometry jsou kalibrovány na měření při teplotě 20 °C. Pro měření byl sacharometr samovolně ponořen do kapaliny a na stupnici v horní části bylo možné odečíst % zastoupení sacharidů v roztoku. Objem mladiny byl měřen za pomoci měřící tyče, objem výstřelkové vody byl sledován na vodoměru.

<https://www.beerex.cz/slad-best-melanoidin--melanoidni/>
<https://www.beerex.cz/slad-best-munich--mnichovsky/>
<https://www.geterbrewed.com/crisp-best-ale-malt-ebc-5.0-7.0/>
<https://www.beerex.cz/slad-best-red-x--cerveny/>

4.3 Kongresní rmutování – vliv hrubosti sladu na zisk extraktu

Za pomoci rmutovacího přístroje 1-CUBE byl zjišťován rozdíl extraktu v kongresní sladině u sladů jež byly našrotovány na dva různé stupně mletí. Pro zjištění závislosti hrubosti sladu na zisku extraktu byly použity totožné slady, jako pro výrobu jednotlivých druhů piva. Hmotnosti jednotlivých sladů používaných na várku byly přepočítány poměrově pro navážku 50 gramů (viz Tabulka č. 5). Pro jeden typ piva byly naváženy slady na dva vzorky. Slad byl našrotován na dvouválcovém šrotovníku Ss brewtech. Jeden vzorek pro dané pivo byl našrotován na stupeň č. 3, na který se běžně šrotuje při přípravě sladů pro jednotlivé várky u všech třech zastoupených piv. Druhý vzorek byl našrotován na stupeň č. 4, tedy více nahrubo.

Při přípravě kongresní sladiny bylo vycházeno z metodiky dle Analytica EBC – Method 4.5.1. Následně byly vzorky sladů kvantitativně převedeny do rmutovacích kádinek. Následně bylo přidáno 200 ml vody. Po umístění rmutovacích kádinek byl zapnut program pro kongresní rmutování na rmutovacím přístroji-CUBE (viz Obrázek č. 5). Následně byl zapnut program KONGRES na rmutovacím přístroji, vzorky byly zahřívány na teplotu 45 °C po dobu 30 minut. Po uplynutí této doby započalo zvyšování teploty na 70 °C. Následně po dosažení 70 °C bylo přidáno 100 ml vody ke každému vzorku, která se ve zkumavkách vyhřívala ve rmutovací lázni společně s rmutovacími kádinkám. Po zvýšení teploty byly vzorky rmutovány po dobu jedné hodiny. Během celého rmutování byly vzorky kontinuálně míchány. Po ukončení rmutování byla změřena cukernatost sladiny (extrakt) pomocí refraktometru.

Tabulka č. 5: Navážky sladů používané pro sypání na várku a pro přípravu vzorků na kongresní rmutování

Druh piva	Slady	Hmotnost sypání na várku / kg	Celkem	Poměr sladů na 50 g
Amber	Plzeňský slad	4	0,2	10
Brown Ale	Red X	16	0,8	40
Solaris	Pale Ale	7,1	0,44	22
APA	Plzeňský slad	6,6	0,4	20
	Crisp best ale	2,6	0,16	8
Navoněná 10	Plzeňský slad	14,1	0,7	35
IPA	Mnichov	4,1	0,2	10
	Melanoid	2,1	0,1	5



Obrázek č. 5: Rmutovací přístroj 1-CUBE určený pro laboratoře (Dostupné z: <https://www.1-cube.com/produkty?categoryId=18471&id=854858&action=itemDetail&oid=6544091&nid=11556>)

4.4 Měření zbytkového extraktu v mlátě po kongresním rmutování

Při přípravě kongresní sladiny bylo vycházeno z metodiky dle Analytica EBC – Method 4.5.1. Pro měření zbytkového extraktu v mlátě bylo připraveno osm vzorků plzeňského sladu. Slad byl našrotován na šrotovníku Ss brewtech na hrubost č. 3 a bylo naváženo 50,0 g sladu do rmutovací kádinky. Takto bylo naváženo po 50 g šrotu i do zbývajících sedmi rmutovacích kádinek. Následně bylo přidáno 200 ml vody ke každému vzorku. Poté byl zapnut program na kongresním rmutovacím přístroji typ KONGRES a vzorky byly rmutovány po dobu 30 minut při 45 °C. Následně se teplota zvyšovala rychlostí přibližně 1 °C za minutu. Při dosažení teploty 70 °C bylo přidáno ke každému vzorku 100 ml vody, která se ve zkumavkách vyhřívaly společně s rmutovacími kádinkami. Po 10 minutách po dosažení teploty 70 °C byla provedena zkouška zcukření za pomoci jodového roztoku. Pokud zkouška byla pozitivní, následně probíhalo rmutování po dobu 1 hodiny při 70 °C. Po skončení rmutování byly vzorky zchlazeny a postupně zfiltrány přes papírový filtr. Následně po filtraci byly jednotlivé vzorky vyslazeny různými objemy výstřelkové vody o teplotě 78 °C. Po ukončení vyslazování byl refraktometricky změřen zbylý extrakt v mlátě a výsledky uvedeny do Tabulky č. 9.

4.5 Statistická analýza

Naměřené extrakty u předku, mladiny a vyslazovací vody byly naměřeny vždy ve čtyřech opakováních pro daný typ piva. Z jednotlivých měření byl spočítán aritmetický průměr a byly porovnány průměry pomocí statistického testu analýzy rozptylu (ANOVA) pro opakovaná měření. Hodnoty byly porovnávány na hladině významnosti $p > 0,05$. Ke stanovení rozdílů byl použit Sheffeho test. Porovnání bylo provedeno pomocí programu Statistica (verze 12; StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA). Výsledky jsou uvedeny v Tabulce č. 7.

Pro zjišťování vlivu hrubosti mletí sladu na zisk extraktu byl spočítán aritmetický průměr z měření při různé hrubosti mletí. Následně byly porovnány průměry pro jednotlivé druhy piva pomocí statistického testu analýzy rozptylu, hodnoty byly porovnávány na hladině významnosti $p > 0,05$. Porovnání bylo provedeno pomocí programu Statistica (verze 12; StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA). Výsledky jsou uvedeny v Tabulce č. 8.

Pro zjištění závislosti mezi zbytkovým extraktem v mlátě a objemem vyslazovací vody byla provedena regresní a korelační analýza na hladině významnosti $p > 0,05$. Toto statistické šetření bylo provedeno v programu Statistica (verze 12; StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA). Výsledky jsou uvedeny v Tabulce č. 9.

5 Výsledky

5.1 Stanovení extraktu u předku, vyslazovací vody a mladiny

Tabulka č.6: Naměřené hodnoty extraktu u předku, vyslazovací vody a mladiny

	Várka č. 1			Várka č. 2			Várka č. 3			Várka č. 4		
	Objem (l)	Konečná hodnota extraktu (% hm)	t (min)	Objem (l)	Konečná hodnota extraktu (% hm)	t (min)	Objem (l)	Konečná hodnota extraktu (% hm)	t (min)	Objem (l)	Konečná hodnota extraktu (% hm)	t (min)
předek	45	17,2	15	25	18,1	10	40	14,8	10	35	16,2	13
1. vyslazovací voda	35	9,1	22	35	11	19	35	9,7	17	35	11,8	21
2. vyslazovací voda	25	6,2	38	25	7,6	33	25	5,1	26	25	6,0	32
3. vyslazovací voda	15	3,8	56	15	5,0	48	15	4,5	39	15	4,4	46
pohromadě (celkový objem mladiny)	120	10,7	65	100	10,6	55	115	9,7	45	110	10,8	52
Solaris APA	Várka č. 1			Várka č. 2			Várka č. 3			Várka č. 4		
předek	25	14,3	15	40	13,9	15	30	15,1	12	25	16,1	5
1. vyslazovací voda	35	9,2	21	35	7,9	19	35	8,4	20	35	8,6	14
2. vyslazovací voda	25	6,8	29	25	4,5	26	25	5,6	31	25	5,9	25
3. vyslazovací voda	15	4,8	40	15	3,7	35	15	4,0	46	15	4,2	36
pohromadě (celkový objem mladiny)	100	8,3	43	115	8,3	38	105	8,0	52	100	8,0	40
Navoněná 10 IPA	Várka č. 1			Várka č. 2			Várka č. 3			Várka č. 4		
předek	30	15,2	7	35	14,8	10	30	15,7	7	45	16,2	8
1. vyslazovací voda	35	9,9	16	35	9,4	21	35	9,3	19	35	9,8	15
2. vyslazovací voda	25	8,2	29	25	8,5	34	25	7,9	34	25	8,0	26
3. vyslazovací voda	15	5,9	45	15	3,1	52	15	4,7	51	15	4,3	39
pohromadě (celkový objem mladiny)	105	9,6	50	110	9,8	60	105	10	55	120	10,2	45

V první části experimentální práce se stanovoval extrakt u předku, vyslazovací vody a mladiny. Bylo provedeno měření čtyř várek u každého typu piva. Tabulka č. 6 uvádí, že byl u každé várky měřen objem a extrakt předku, který byl pro každou várku odlišný. Následně byl určen objem pro jednotlivé vyslazovací vody způměrováním jejího objemu z deseti várek před počátkem experimentální práce. Takto byl určen celkový objem vyslazovací vody, který byl 75 litrů. Následně byly určeny objemy jednotlivých vyslazovací vody sestupně. U všech piv byl změřen extrakt předku a čas od začátku scezování. Následně byly změřeny extrakty u vyslazovací vody a časový průběh vyslazování. Poté byl změřen celkový objem mladiny a její extrakt po smíchání předku s vyslazovací vodou.

Tabulka č. 7: Výsledky naměřených objemů a extraktů

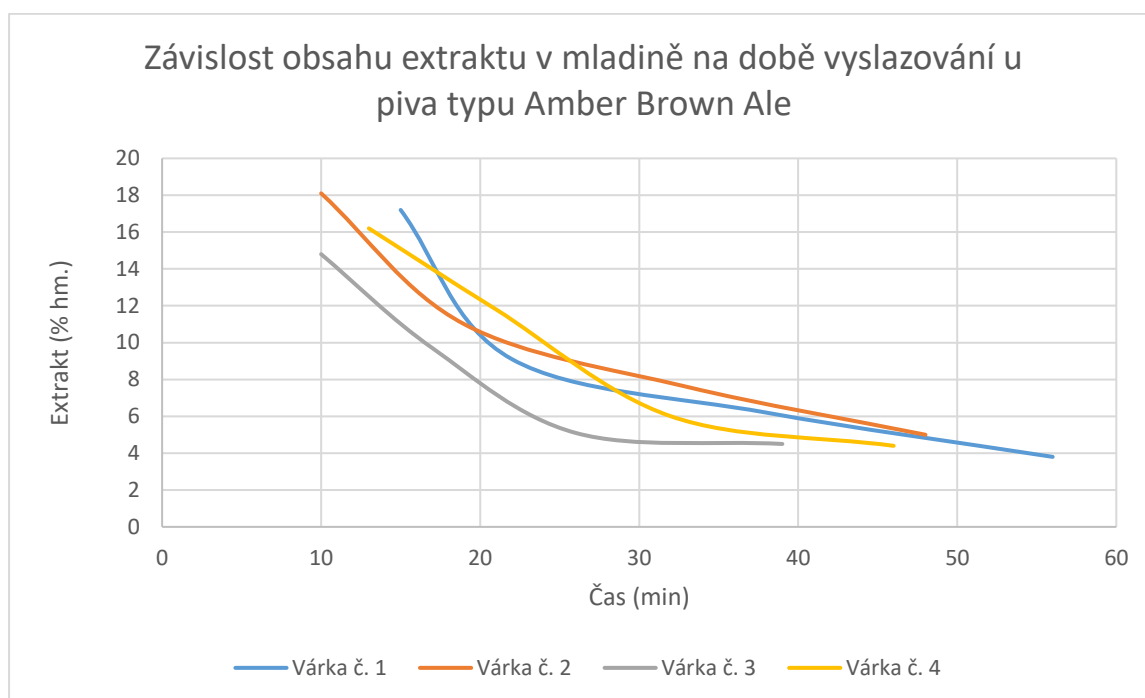
		Amber Brown Ale	Solaris APA	Navoněná 10 IPA
Předek	Objem (l)	36,25 ± 8,54 ^A	30 ± 7,07 ^A	35 ± 7,07 ^A
	Extrakt (% hm.)	16,58 ± 1,42 ^A	14,85 ± 0,97 ^A	15,48 ± 0,61 ^A
1. vyslazovací voda	Extrakt (% hm.)	10,4 ± 1,22 ^A	8,53 ± 0,54 ^B	9,6 ± 0,29 ^A
2. vyslazovací voda	Extrakt (% hm.)	6,23 ± 1,03 ^A	5,70 ± 0,95 ^A	8,15 ± 0,26 ^B
3. vyslazovací voda	Extrakt (% hm.)	4,43 ± 0,49 ^A	4,18 ± 0,46 ^A	4,50 ± 1,15 ^A
Mladina	Objem (l)	111,25 ± 8,54 ^A	105 ± 7,07 ^A	110 ± 7,07 ^A
	Extrakt (% hm.)	10,43 ± 0,49 ^A	8,15 ± 0,17 ^B	9,9 ± 0,26 ^A

Hodnoty v řádcích s různými indexy se statisticky významně liší

Tabulka č. 7 uvádí výsledky měření extraktů u předku, vyslazovací vody a mladiny u třech typů piv, tj. Amber Brown Ale, Solaris American Pale Ale a Navoněná 10 India Pale Ale. U objemů předku u všech třech piv nebyl statisticky významný rozdíl, stejně tak u extraktů naměřených po stékání předku. U první vyslazovací vody o objemu 35 litrů použitých pro získání extraktu byl statisticky významný rozdíl mezi extraktem u piva Amber a extraktem u piva Solaris. U první vyslazovací vody byl také rozdíl mezi extraktem u piva Navoněná 10 a piva Solaris. U druhé vyslazovací vody byl rozdíl v extraktu mezi pivem Amber a pivem Navoněná 10, dále také mezi pivem Solaris a pivem Navoněná 10. U třetí vyslazovací vody nebyl statisticky významný rozdíl mezi extrakty u jednotlivých piv. Objem u získané mladiny u všech třech piv se statisticky nelišil. U extraktu získané mladiny byl statisticky významný rozdíl mezi pivem Amber a pivem Solaris a též mezi pivy Solaris a Navoněná 10.

Z Tabulky č. 6 byly sestaveny grafy, jež znázorňují klesající extrakt v průběhu času během stékání předku a vyslazování mláta. V grafu č. 1 lze pozorovat pokles extraktu ve sladidně v čase, od začátku stékání předku po poslední výstřelek. Z grafu č. 1 lze usuzovat, že počáteční extrakt při vaření piva typu Amber byl u každé várky odlišný, stejně jako objem předku. Také doba vyslazování byla se u každé várky odlišná. Nejkratší čas vyslazování byl naměřen při vyslazování várky č. 3 a nejdelší čas vyslazování byl stanoven u várky č. 1. Dále bylo zjištěno, že čas vyslazování není úměrný počátečnímu extraktu. Extrakt předku byl nejvyšší u várky č. 2 a nejnižší u várky č. 3.

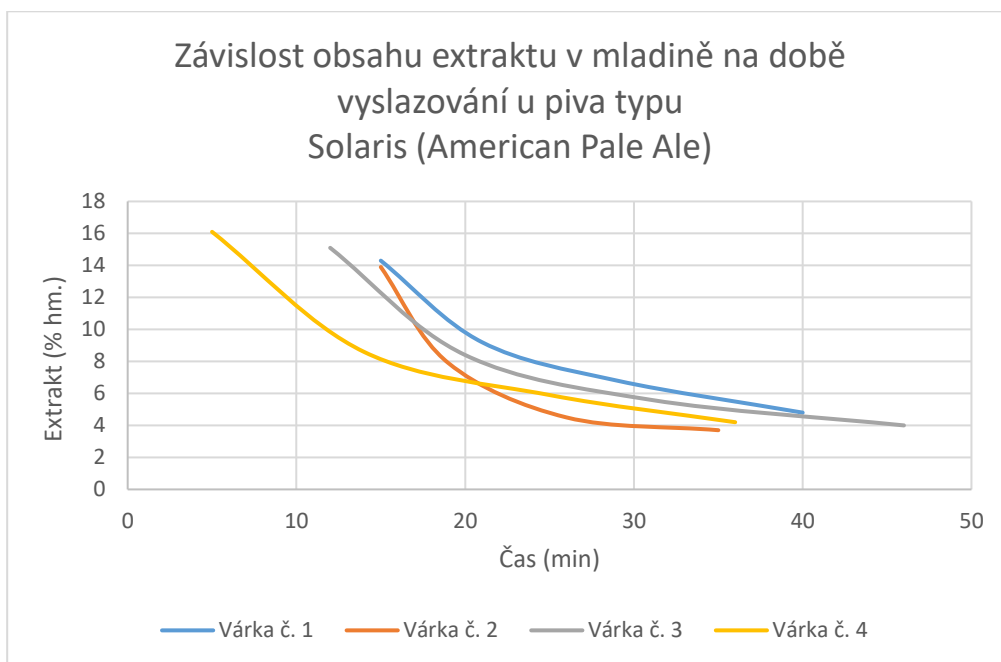
Graf č. 1: Rozdíly mezi várkami v obsahu extraktu a době vyslazování u piva typu Amber Brown Ale



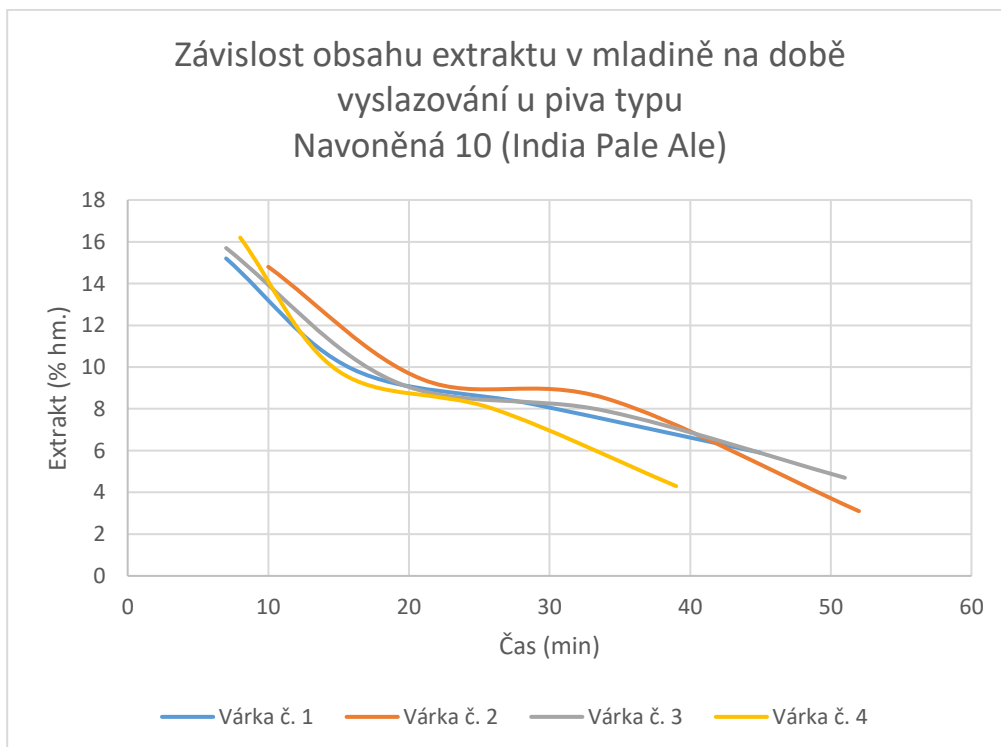
V Grafu č. 2 lze pozorovat pokles extraktu v průběhu vyslazování. Z grafu je patrné, že extrakt předku u každé várky piva typu Solaris APA byl odlišný stejně jako objem předku. Také doba vyslazování se pro všechny várky lišila. Nejvyšší extrakt předku byl ve várce č. 4 a nejnižší extrakt předku u várky č. 2. Nejkratší čas vyslazování byl zaznamenán u várky č. 2 a nejdelší u várky č. 3.

V Grafu č. 3 lze pozorovat pokles extraktu v průběhu vyslazování u piva Navoněná 10 (IPA). Z grafu je patrné že extrakt byl u všech várek podobně vysoký. Také čas stékání předku se příliš nelišil. Nejvyšší extrakt předku byl naměřen u várky č. 4 a nejnižší u várky č. 2. Doba vyslazování byla nejdelší u várky č. 2 a nejkratší u várky č. 4.

Graf č. 2: Rozdíly mezi várkami v době vyslazování a poklesu extraktu během vyslazování u piva typu Solaris APA



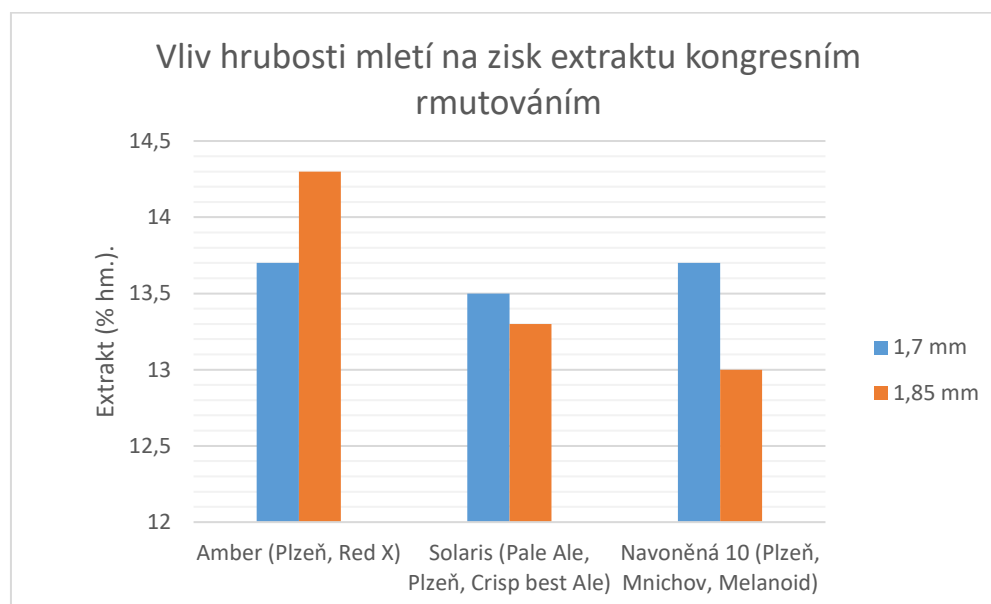
Graf č. 3: Rozdíly mezi várkami v době vyslazování a poklesu extraktu během vyslazování u piva typu Navoněná 10 IPA



5.2 Vliv hrubosti sladu na zisk extraktu

Bylo provedeno kongresní rmutování u 3 směsí sladů využívaných pro vaření tří vybraných piv viz Tabulka č. 5. Tyto slady byly smíchány ve stejném poměru, jako při běžném sypání na várku a přepočítány na 50 gramů vzorku. Pro každou směs sladů byly připraveny dva vzorky, kdy první z nich byl namlet na hrubost, jež byla dána velikostí mezery mezi válci ve šrotovníku nastaveném v prvním případě na 1,70 mm a ve druhém na 1,85 mm. Po kongresním rmutování byl změřen extrakt pomocí refraktometru u jednotlivých vzorků. Z Grafu č. 4 byl patrný vliv hrubosti mletí na zisk extraktu. U hruběji mletého sladu, připraveném pro výrobu piva Amber (plzeňský slad, Red X) byl zjištěn vyšší extrakt v kongresní sladině u sladu hruběji mletého než u jemněji mletého. Zatímco u vzorků sladů pro pivo Solaris a pro pivo Navoněná 10 byl získán vyšší extrakt v kongresní sladině při jemnějším mletí sladu, než byla hodnota objemu extraktu u hruběji mletého sladu.

Graf č. 4 Výsledky kongresního rmutování-vliv hrubosti mletí na zisk extraktu u různých sladů



Tabulka č. 8 Zprůměrované hodnoty získaného extraktu při různé hrubosti mletí

	Amber	Solaris	Navoněná 10
Získaný extrakt	14±0,42 ^B	13,3±0,14 ^A	13,35±0,49 ^A

V **Tabulce č. 8** jsou uvedeny výsledky měření extraktu v kongresní sladině po kongresním rmutování. Zisk extraktu u všech třech směsí sladů se nelišil při mletí s mezerou mezi válci 1,70 mm. U mletí s mezerou 1,85mm je statisticky významný rozdíl v zisku extraktu mezi směsí sladů pro pivo Solaris a pro pivo Amber. Také je statisticky významný rozdíl v extraktu mezi směsí pro pivo Navoněná 10 a pro pivo Amber.

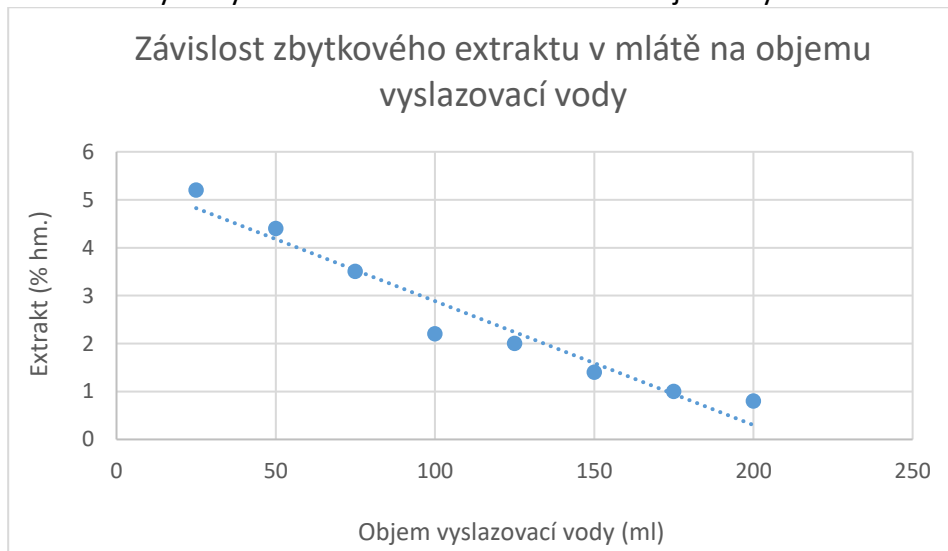
5.3 Stanovení zbytkového extraktu v mlátě

Bylo provedeno kongresní rmutování pro osm vzorků plzeňského sladu, jež byl našrotován na stupeň 3 (1,70 mm). Po ukončení rmutování a přefiltrování byl extrakt měřen refraktometricky. V Tabulce č. 9 jsou uvedeny naměřené hodnoty zbytkového extraktu v mlátě po vyslazování různými objemy vyslazovací vody. Zbytkový extrakt klesal se zvyšujícím se objemem vyslazovací vody. Nejvíce extraktu zbylo v mlátě při vyslazování 25 ml vyslazovací vody, a nejméně extraktu bylo ve vzorku jež byl extrahován 200 ml vyslazovací vody o teplotě 78 °C. Výsledky zbytkového extraktu obsaženého v mlátě jsou graficky znázorněny pro lepší znázornění v Grafu č. 5.

Tabulka č. 9 Hodnoty zbytkového extraktu po vyslazování různými objemy vyslazovací vody

Objem vyslazovací vody (ml)	Extrakt v mlátě (% hm..)
25	5,2
50	4,4
75	3,5
100	2,2
125	2
150	1,4
175	1
200	0,8

Graf č.5: Zbytkový extrakt v mlátě v závislosti na objemu vyslazovací vody



Byla použita Pearsonova korelace pro určení vztahu mezi hodnotami Zbytkového extraktu a objemu vyslazovací vody. Byla zjištěna velmi silná záporná korelace mezi zbytkovým extraktem v mlátě a objemem vyslazovací vody ($r=-0,97$, $p<0,05$, $r^2=95$ %). Zbytkový extrakt v mlátě je závislý na objemu vyslazovací vody z 95 %.

6 Diskuse

Vaření piva je proces, který začíná smícháním mletého sladu s vodou, následuje rmutování (Blšáková et al. 2022). Během rmutování dochází k postupnému zvyšování teploty, to vede k enzymatické hydrolyze látek, obsažených ve sladu a tím vznikají zkvasitelné látky (Blšáková et al. 2022). Po rmutování následuje scezování, jedná se o filtraci, kdy je od sebe oddělen roztok obsahující extraktivní látky od mláta (Blšáková et al. 2022). Cílem scezování je získat čirou tekutinu s vysokým obsahem extraktu, pocházejícího ze štěpení škrobu, bílkovin a dalších látek (Blšáková et al. 2022; Kok et al. 2019). Sladový extrakt je hlavním ukazatelem kvality sladu (Dráb et al. 2014). Proces scezování závisí na kvalitě mladiny, složení šrotu, rozluštění sladu, teplotě a zařízení používaném ke scezování (Blšáková et al. 2022).

Cílem této diplomové práce bylo zjistit, zda objem výstřelků při várce mladiny a jejího extraktu je závislý na typu sladu a hrubosti jeho šrotování. Druhým cílem bylo zjistit, zda objem vyslazovací vody (vody použité na výstřelky) souvisí s obsahem zbytkového extraktu v mlátě.

Z měření extraktu sladiny během scezování a vyslazování bylo zjištěno, že koncentrace předku a objem předku se statisticky nelišily mezi vybranými druhy pív. Nicméně u první vyslazovací vody s objemem 35 litrů byl naměřen nižší průměrný extrakt u piva Solaris APA (8,53 %) než u pív Amber Brown Ale (10,4 %) a Navoněná 10 IPA (9,6 %), přestože extrakt předku se statisticky nelišil mezi jednotlivými pivy. U druhé vyslazovací vody s objemem 25 litrů byl naměřen průměrný extrakt nejvyšší u piva Navoněná 10 IPA (8,15 %) a u pív Amber Brown Ale (6,23 %) a Solaris APA (5,7 %) se průměrný extrakt nelišil. Při měření získaného extraktu při vyslazování třetí vyslazovací vodou nebyl statisticky významný rozdíl mezi pivy. Celkový objem mladiny získaný scezováním se nelišil u všech třech typů pív. Avšak extrakt mladiny byl nejnižší u piva Solaris APA (8,15 %). Mezi extraktem mladiny piva Amber (10,43 %) a Navoněná 10 (9,9 %) nebyl statisticky významný rozdíl.

U měření extraktu u předku, vyslazovací vody a mladiny také šlo o objem vyslazovací vody. Celkový objem vyslazovací vody byl určen na 75 litrů, dle objemů u deseti předchozích várek, před počátkem experimentu. Při vyslazování nicméně platí, že čím více vyslazovací vody projde mlátěm, tím je extrakce důkladnější a výtěžnost vyšší (Kunze 2010). Avšak čím více vody je použito na vyslazování a prošlo mlátěm, tím je nutné větší množství vody odpařit během chmelovaru pro dosažení požadované stupňovitosti piva, což se označuje jako prahová hodnota nákladů a přínosů (Kunze 2010). Větší množství vyslazovací vody také ovlivňuje enzymatickou aktivitu, a tedy i složení mladiny (Kosař et al. 2000). Objem vyslazovací vody je ovlivněn celkovým množstvím varní vody použité na vystírání a následné rmutování (Kosař et al. 2000). Při přípravě všech dvanácti várek bylo použito 60 litrů varní vody při vystírání na jednu várku. Dále objem vyslazovací vody je odlišný pro piva tmavá a světlá, poněvadž v méně hustých vystírkách u světlých pív je podpořeno štěpení škrobu a tím se zvyšuje prokvašení, a proto se využívá běžně vyšší množství vyslazovací vody než u tmavých pív (Kosař et al. 2000). V experimentu toto nebylo dodrženo a pro všechny typy piva byl zvolen stejný objem vyslazovací vody (celkem 75 litrů), protože při odlišném objemu vyslazovací vody u jednotlivých typů piva by nebylo možné porovnání mezi třemi druhy pív. Nicméně ani jedno ze tří druhů zvolených pív nebylo tmavé, pouze pivo Amber Brown Ale je polotmavé pivo.

Také platí, že čím je předek koncentrovanější, tím menší má objem a je možné použít více vyslazovací vody (Kunze 2010). Nicméně tomuto naměřené hodnoty u předku u jednotlivých piv neodpovídají. Demonstrace průběhu vyslazování lze vidět na grafech č. 1, č.2 a č. 3. Z těchto grafů je patrné, že každé vyslazování u každé várky má mírně odlišný průběh, což se týče jak extraktu předku, tak i extraktu ve vyslazovací vodě a času, během kterého probíhá proces scezování a vyslazování. Může to být dáno odlišnou dobou procesu rmutování u každé várky. Z měření lze vyvodit že nebyl statisticky významný rozdíl v naměřeném extraktu předku mezi třemi druhy piv, nicméně byly rozdíly v extraktu u vyslazovací vody vždy u jednoho druhu piva. Což může být dáno použitými slady a jejich vlastnostmi viz Tabulka č. 4, což potvrzuje hypotézu č. 1, že objem výstřelků a jejich extrakt je závislý na typu sladu, protože směs sladů pro tři druhy piv se lišila, a extrakty pro vyslazovací vodu také, až na třetí vyslazovací vodu. Nicméně, extraktivnost sladů se významně nelišila, až na slad Melanoid, který má nižší extrakt v sušině, což je také v receptuře, kdy je přidáván v malém množství k ostatním sladům pro výrobu piva Navoněná 10 IPA. Také záleží na hmotnosti sladu, jež bylo použito na várku, kdy např. u piva Solaris APA je použito celkem 16,3 kg sladu, což je rozdíl oproti 20 kg sladu u piva Amber Brown Ale, a 20,3 kg sladu u piva Navoněná 10 (viz Tabulka č. 5). Je to dáno výpočtem sypání na várku, kdy je spočítána hmotnost sladu potřebná k získání dané stupňovitosti piva, jež je vyráběno. Z toho vyplývá, že pivo Solaris APA mělo extrakt mladiny nižší, kvůli použití menšího množství sladu na várku.

Z kongresního rmutování hruběji a jemněji mletých směsí sladů pro tři typy piv byly zjištěny extrakty kongresní sladiny. Přičemž u piv Solaris APA a Navoněná 10 byl získán vyšší extrakt při jemnějším mletí sladů (na 1,70 mm) než u vzorků, které byly namlety hruběji (1,85 mm). U piva Solaris APA byl extrakt kongresní sladiny pro jemnější mletí 13,5 % a při hrubším mletí byl extrakt 13,3 %. U piva Navoněná 10 byl extrakt kongresní sladiny pro jemnější mletí 13,7 % a pro hrubší mletí 13 %. Pro pivo Amber Brown Ale toto neplatí, naopak při hrubším mletí byl získán vyšší extrakt kongresní sladiny a to 14,3 % a pro jemnější mletí byl získán extrakt 13,7 %.

U měření extraktu u hruběji a jemněji mletých směsí sladů pro tři typy piva byla potvrzena hypotéza číslo jedna. Z výsledků je patrné, že proces šrotování sladu pro piva Solaris a Navoněná 10 je správně nastaven. Velikost mezi válci ve šrotovníku byla určena tak, že mezera 1,70 mm se běžně využívá v experimentálním pivovaru FAPPZ, pro mletí sladů pro všechny vyráběné typy piv. Takováto velikost byla zvolena pro zachování pluch při mletí pro hladký průběh procesu scezování. Dále byl šrotovník nastaven o jeden stupeň na hrubší mletí. U piva Amber byl naměřen vyšší extrakt u hrubšího mletí (1,85 mm). Může to být dáno chybou měření, či slad Red X, který převažuje v receptuře poskytuje více extraktu při hrubším mletí. Hrubost mletí sladu má vliv na proces scezování a vyslazování mláta při použití scezovací kádě (Basařová et al. 2021). Dle Holbrooka (2020) je důležitá velikost částic kvůli tomu, že pokud je slad namlet příliš na jemno je proces scezování zpomalen a ztížen, zatímco u příliš velkých částic sladu dojde k rychlému průtoku sladiny přes filtrační vrstvu. V obou případech je snížena výtěžnost extraktu (Holbrook 2020). Dle Jina et al. (2022) hrubší mletí zabraňuje extrakci aromatických sloučenin pocházejících z vnějších vrstev zrn. Při kongresním rmutování dle EBC

se využívají slady namleté na jemnější šrot (0,2 mm) a hrubší šrot (1 mm) a následně je výtěžek extraktu vzájemně porovnán, to vyjadřuje informaci pro pivovar o modifikaci a homogenitě sladu (Evans et al. 2011). Fox (2016) ve své práci porovnával zisk extraktu z hrubého a jemného mletí sladu při kongresním rmutování dle EBC. Extrakt získaný rmutováním dle EBC byl vyšší u jemněji mletých sladů než u hrubšího mletí (Fox 2016). K měření byla použita odrůda ječmene Commander, kdy u jemnějšího sladu byl extrakt ve 8,73°P a 8,64°P, u hrubého mletí byl extrakt 8,52°P a 8,39°P (Fox, 2016). Což se potvrdilo i u extraktů získaných při kongresním rmutování u piv Solaris APA a Navoněná 10 IPA. I přes to, že výsledky v uvedené studii jsou ve stupních Plato, jedná se o ekvivalent k hmotnostním procentům vyjadřující množství extraktu v mladině. Stupně Plato jsou jednotkou, jež se využívá v zahraničí (Košin et al. 2016) Přestože šrotování sladu při experimentu bylo nastaveno na hrubší mletí, než se využívá pro měření dle EBC, měření posloužilo k demonstraci rozdílnosti extraktivnosti sladu na základě odlišného nastavení šrotovníku pro mletí sladu. Dle literatury (Basařová et al. (2021) je extrakt sladiny dán především odrůdou ječmene, rozluštěním sladu, mletím a technologií přípravy mladiny.

Z měření zbytkového extraktu v mlátě v závislosti na objemu vyslazovací vody vyplývá, že zbytkový extrakt v mlátě je silně záporně závislý na objemu vyslazovací vody. Což znamená, že čím více je použito vyslazovací vody, tím nižší je zbytkový extrakt v mlátě. Objem vyslazovací vody ovlivňuje zbytkový extrakt v mlátě z 95 %.

U měření obsahu zbytkového extraktu v mlátě byla potvrzena závislost objemu vyslazovací vody na obsahu extraktu. Tudíž byla potvrzena hypotéza č. 2. U běžných piv by měl být extrakt v mlátě po vyslazování pod 1 %, u silných piv 2-3 %, protože náklady na odpaření většího množství vody při chmelovaru převyšují přínosy většího množství extraktu (Kunze 2010). Obecně nebyly zkvasitelné sacharidy, a tedy extrakt detekován v mlátě v předchozích studiích, z čehož vyplývá že zkvasitelné sacharidy byly vždy extrahovány do mladiny během scezování a vyslazování (Jin et al. 2022). Nicméně Jin et al. (2022) ve své práci zjistili, že mláto z řemeslných pivovarů obsahovalo vyšší obsah zkvasitelných sacharidů, než je tomu tak u mláta z velkých pivovarů. Jin et al. (2022) uvádí, že je to pravděpodobně nedostatečným vyslazením sladového mláta u řemeslných pivovarů. Záleží tedy na objemu vyslazovací vody, jež volí v řemeslných pivovarech pro vyslazování mláta. Dle Jina et al. (2022) je vyslazování v řemeslných pivovarech omezené i díky tomu že když disponují kombinovanou rmutovací a scezovací nádobou, mají nižší výtěžnost extraktu a při nadměrném vyslazování by mohlo dojít k nadměrnému ředění získané mladiny. Ve velkých pivovarech se využívají často sladinné filtry a vyslazováním se zvyšuje výtěžnost extraktu (Jin et al. 2022).

7 Závěr

Práce se zabývala stanovením objemu vyslazovací vody pro tři typy piva a měřením extraktu u předku, ve vyslazovací vodě a v mladině. Toto měření probíhalo u třech typů piv vyráběných v Experimentálním a demonstračním pivovaru Výukového centra zpracování zemědělských produktů FAPPZ ČZU. Všechny tři typy piva byly vyráběny infuzním způsobem rmutování a jednalo se o svrchně kvašená piva. Pro jejich přípravu bylo použito celkem šest druhů sladu. U směsí těchto sladů byl stanoven obsah extraktu pro jemnější a hrubší mletí. Také byl zkoumán vliv objemu vyslazovací vody na zbytkový extrakt obsažený v mlátě. V přehledu literatury byl popsán způsob zisku extraktivních látek ze sladu a jejich vlastnosti.

V experimentální části diplomové práce byl stanoven celkový objem vyslazovací vody pro všechny tři typy piva. U těchto piv byl změřen extrakt po stékání předku a porovnán mezi sebou, přičemž mezi obsahem extraktu v předku u všech třech typů piv nebyl rozdíl. Během vyslazování byl pozorován různý pokles obsahu extraktu, přestože počáteční koncentrace extraktu byla stejná. Také celkový objem získané mladiny se nelišil, avšak obsah extraktu byl v pivě Solaris APA nižší, než u ostatních typů piv. Čímž byla potvrzena Hypotéza č. 1, že objem výstřelků a jejich extrakt při várce mladiny je závislý na typu sladu.

U sladů využitých na výrobu popsaných tří typů piv popsaných výše, byl proveden experiment, jež měl za cíl potvrdit, jestli má vliv hrubost mletí na obsah extraktu, jež je obsažen v kongresní sladině po kongresním rmutování. Tím bylo zjištěno, že u dvou ze tří vyrobených piv byl získán vyšší extrakt ve sladině kongresním rmutováním u jemnějšího mletí. U směsi sladu pro výrobu piva Amber Brown Ale byl naměřen vyšší obsah extraktu u hrubšího mletí sladu než u jemnějšího. Čímž se potvrdila druhá část hypotézy č. 1, že také závisí na hrubosti šrotování sladu.

Stanovením zbytkového extraktu v mlátě po kongresním rmutování a vyslazování různým objemem vody byla zjištěna silná záporná korelace mezi obsahem extraktu v mlátě a objemem vyslazovací vody. Obsah extraktu v mlátě je z 95 % závislý na objemu použité vyslazovací vody. Čímž se potvrdila Hypotéza č. 2, že objem vyslazovací vody (vody použité na výstřelky) souvisí s obsahem zbytkového extraktu v mlátě.

Provedená diplomová práce přinesla zajímavý pohled do problematiky výroby piva a zisku extraktivních látek ze sladu. Z měření vyplynulo, že při každé várce při použití stejných sladů, nebyl vždy získán stejný objem a ani extrakt předku a získané mladiny. Také byly naznačeny vlivy, ovlivňující obsah extraktu předku, ve vyslazovací vodě (výstřelcích), v mladině nebo také v mlátě. Jedná se o vlivy, jako je např. odrůda ječmene, obsah škrobu, celistvost slupky (pluchy), podmínky při rmutování či jemnost (hrubost) mletí sladu.

8 Literatura

- Ambrosi A, Cardozo N S M, Tessaro I C. 2014. Membrane Separation Processes for the Beer Industry: A Review and State of the Art. *Food and Bioprocess Technology* **7 (4)**: 921-936.
- Bamforth C W. 2017. Progress in Brewing Science and Beer Production. *The Annual Review of Chemical and Biomolecular Engineering*. **8**: 161-176.
- Bamforth C W. 2023. *Beer: tap into the art and science of brewing*. Oxford University Press, New York.
- Basařová G, Šavel J, Basař P, Basařová P, Brož A. 2021. *Pivovarství teorie a praxe výroby piva*. Havlíček Brain Team, Praha.
- Basařová G, Psota V, Šavel J, Basař P, Hartman I, Paulů R, Basařová P, Běláková S, Kofroň P, Kosař K, Dostálek P, Kellner V, Mikulíková R, Čejka P. 2023. *Sladařství: teorie a praxe výroby sladu*. druhé vydání. Roč. 529. HBT. Praha.
- Basařová G, Šavel J, Basař P, Lejsek T. 2010. *Pivovarství: teorie a praxe výroby piva*. VŠCHT Praha, Praha.
- Becker D, Stegmüller S, Richling E. 2023. Characterization of brewer's spent grain extracts by tandem mass spectrometry and HPLC-DAD: Ferulic acid dehydrodimers, phenolamides, and oxylipins. *Food Science & Nutrition*. **11 (5)**: 2298–2320.
- Bi X, Ye L, Lau A, Kok Y J, Zheng L, Ng D, Tan K, Ow D, Ananta E, Vafiadi C, Muller J. 2018. Proteomic profiling of barley spent grains guides enzymatic solubilization of the remaining proteins. *Applied Microbiology and Biotechnology*. **102 (9)**: 4159–4170.
- Blišáková L, Gregor T, Mešťánek M, Hřivna L, Kumbár V. 2022. The use of unconventional malts in beer production and their effect on the wort viscosity. *Foods* (e11131) DOI: 10.3390/foods11010031
- Bogdan P, Kordialik-Bogacka E. 2017. Alternatives to malt in brewing. *Trends in Food Science & Technology*. **65**: 1–9.
- Bravi E, Benedetti P, Marconi O, Perretti G. 2014. Determination of free fatty acids in beer wort. *Food Chemistry*. **151**: 374–378.
- Briggs D E. 2004. *Brewing: science and practice*. CRC Press, Boca Raton.
- Cadar O, Vagner I, Miu I, Scurtu D, Senila M. 2023. Preparation, Characterization, and Performance of Natural Zeolites as Alternative Materials for Beer Filtration. *Materials*. **16 (5)**: 1914.
- Cadenas R, Caballero I, Nimubona D. 2021. Brewing with Starchy Adjuncts: Its Influence on the Sensory and Nutritional Properties of Beer. *Foods*. **10 (8)**. 1726.

- Carvalho D O, Gonçalves L M, Guido L F. 2016. Overall antioxidant properties of malt and how they are influenced by the individual constituents of barley and the malting process. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. **15** (5): 927-943.
- Carvalho D O, Guido L F. 2022. A review on the fate of phenolic compounds during malting and brewing: Technological strategies and beer styles. *Food Chemistry* (e131093) DOI: 10.1016/J.FOODCHEM.2021.131093.
- Castritius S, Kron A, Schäfer T, Rädle M, Harms D. 2010. Determination of alcohol and extract concentration in beer samples using a combined method of near-infrared (NIR) spectroscopy and refractometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **58** (24): 12634–12641.
- Coghe S, D'Hollander H, Verachtert H, Delvaux F R. 2005. Impact of dark specialty malts on extract composition and wort fermentation. *Journal of the Institute of Brewing*. **111** (1). 51–60.
- de Moura F P, Mathias T R D S. 2018. A comparative study of dry and wet milling of barley malt and its influence on granulometry and wort composition. *Beverages*. **4** (3): 51.
- Dráb S, Francáková H, Psota V, Solgajová M, Ivanisová E, Tóth Z, Mocko K, Balková H. 2014. The malt extract, relative extract and diastatic power as a varietal characteristic of malting barley. *The Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. **3**: 206–209.
- Evans D E, Goldsmith M, Dambergs R, Nischwitz R. 2011. A comprehensive reevaluation of small-scale congress mash protocol parameters for determining extract and fermentability. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*. **69** (1). 13–27.
- Farzaneh V, Ghodsvali A, Bakhshabadi H, Zare Z, Carvalho I S. 2017. The impact of germination time on the some selected parameters through malting process. *International Journal of Biological Macromolecules*. **94**: 663–668.
- Fox G. 2009. Chemical composition in barley grains and malt quality. *Advanced Topics in Science and Technology in China*. Pages 63-98 in Zhang G, Li C, editors. *Genetics and Improvement of Barley Malt Quality*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Fox G. 2016. Infrared spectral analysis of sugar profiles of worts from varying grist to liquor ratios using infusion and ramping mash styles. *Journal of the Institute of Brewing*. **122** (3). 437–445.
- Fox G, Bettenhausen H M. 2023. Variation in quality of grains used in malting and brewing. *Frontiers in Plant Science*. **14**:1172028.
- Hartman I, Svobodová I, Spáčilová V, Míša P. 2017. Response of malting barley varieties to growing under the “low – input“ and ecological regime. Part I – Yield and agronomic characteristics. *Obilnářské listy*. **25** (3-4): 59-62.

- Holbrook C J. 2020. Brewhouse operations. Pages 65-109. in: Smart C, editor. The Craft Brewing Handbook. Woodhead Publishing, United States of America.
- Chládek 2007. Pivovarnictví. Grada Publishing, Praha.
- Izydorczyk M S, Edney M. 2017. Barley: Grain-Quality Characteristics and Management of Quality Requirements. Pages 195-234 in: Wrigley C, Batey I, Miskelly D, editors. Cereal Grains: Assessing and Managing Quality. Woodhead Publishing, Winnipeg.
- Jaeger A, Zannini E, Sahin A W, Arendt E K. 2021. Barley protein properties, extraction and applications, with a focus on brewers' spent grain protein. *Foods*. **10** (6): 1389.
- Jin Z, Lan Y, Ohm J-B, Gillespie J, Schwarz P, Chen B. 2022. Physicochemical composition, fermentable sugars, free amino acids, phenolics, and minerals in brewers' spent grains obtained from craft brewing operations. *Journal of Cereal Science*. **104**: 103413.
- Kinčl, T. 2022. Praxe výroby piva nejen v malých pivovarech. VŠCHT Praha, Praha.
- Kok Y J, Ye L, Muller J, Ow D S W, Bi X. 2019. Brewing with malted barley or raw barley: what makes the difference in the processes? *Applied Microbiology and Biotechnology*. **103**: 1059-1067.
- Kosař K, Procházka S a kolektiv autorů. 2000. Technologie výroby sladu a piva. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský a.s., Praha.
- Košin P, Šavel J, Brož A. 2016. Vertical Refractometer for the Monitoring of Main Fermentation. *Kvasny prumysl*. **62** (3). 90–93.
- Kunze W. 2010. Technology Brewing & Malting. VLB Berlin, Berlin.
- Li Q, Wang J, Liu C. 2017. Beers. Pages 305-351 in: Pandey A, Sanromán M Á, Du G, Soccol C R, Dussap C-G, editors. Current Developments in Biotechnology and Bioengineering. Elsevier, Wuxi.
- Li Y, Schwarz P B, Barr J M, Horsley R D. 2008. Factors predicting malt extract within a single barley cultivar. *Journal of Cereal Science*. **48** (2). 531–538.
- Liguori L, De Francesco G, Orilio P, Perretti G, Donatella Albanese. 2020. Influence of malt composition on the quality of a top fermented beer. **58**: 2295-2303.
- Mosher, M., Trantham, K. 2021. Beer Styles. Pages 47-72 in: Mosher M, Trantham K, editors. Brewing Science: A Multidisciplinary Approach. Springer International Publishing, Cham.
- Musa M O, Aljuhaimi F, Uslu N. 2018. Effect of malt process steps on bioactive properties and fatty acid composition of barley, green malt and malt grains. *Journal of Food Science and Technology*. **55** (1): 226-232.

- Ndife J, Nwokedi C U, Ugwuona F U. 2019. Optimization of malting and saccharification in the production of malt beverage from maize. *Nigerian Journal of Agriculture, Food and Environment*. **15** (1): 134-141.
- Olajire A A. 2020. The brewing industry and environmental challenges. *Journal of Cleaner Production* (e102817) DOI: 10.1016/j.jclepro.2012.03.003.
- Olšovská J, Štěrbá K, Slabý M, Frantík F. 2017. Senzorická analýza piva. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský a.s., Praha.
- Perretti G, Floridi S, Turchetti B, Marconi O, Fantozzi P. 2011. Quality control of malt: Turbidity problems of standard worts given by the presence of microbial cells. *Journal of the Institute of Brewing*. **117** (2): 212–216.
- Prado R, Gastl M, Becker T. 2021. Aroma and color development during the production of specialty malts: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. **20** (5). 4816–4840.
- Rani H, Bhardwaj R D. 2021. Quality attributes for barley malt: “The backbone of beer”. *Journal of Food Science*. 86(8): 3322-3340.
- Sheppard J D. 2021. Introduction to brewing and fermentation science: essential knowledge for those dedicated to brewing better beer. World Scientific Publishing Company. Singapore.
- Schmitt M R, Budde A D. 2010. Making the Cut: Options for making initial evaluations of malting quality in barley. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*. **68** (4): 183–194.
- Stewart G G, Russell I, Anstruther A. 2018. Handbook of brewing. CRC Press, Boca Raton.
- Szwed L P, Tomaszewska-Ciosk E, Błazewicz J. 2014. Simplified mashing efficiency. Novel method for optimization of food industry wort production with the use of adjuncts. *Polish Journal of Chemical Technology*. **16** (3): 36–39.
- 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. *Journal of the Institute of Brewing*. **119** (1–2): 1–14.
- Yang D, Gao X. 2022. Progress of the use of alternatives to malt in the production of gluten-free beer. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. **62** (10): 2820-2835.
- Yin Tan W, Li M, Devkota L, Attenborough E, Dhital S. 2023. Mashing performance as a function of malt particle size in beer production. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. **63** (21): 5372-5387.
- Yorke J, Cook D, Ford R. 2021. Brewing with unmalted cereal adjuncts: Sensory and analytical impacts on beer quality. *Beverages*. **7** (1). 1–20.

Normy:

ČSN 56 6610 (566610). 2009. Slad. Český normalizační institut. Praha.