

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra chemie



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

Vliv použití netradičních surovin při výrobě piva

Bakalářská práce

Barbora Češpivová

Kvalita potravin a zpracování zemědělských produktů

Ing. Petr Šmíd

© 2024 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vliv použití netradičních surovin při výrobě piva" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské 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 bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 26. 4. 2024


Barbora Čížková

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala oběma vedoucím mé bakalářské práce, Ing. Petru Šmídovi a Ing. Karlu Štěřbovi, Ph.D. za vstřícnost a podnětné připomínky k mé práci. Také děkuji své rodině a přátelům za morální podporu a trpělivost při psaní této práce.

Vliv použití netradičních surovin při výrobě piva

Souhrn

Výroba piva je poměrně složitý proces. V naší kultuře je technologie výroby piva z ječného sladu a chmele již podrobně popsána a při vaření piva se zavedené postupy liší minimálně. S ohledem na rozšíření sortimentu piv na trhu lze využít různé netradiční suroviny k výrobě piv s jinými sensorickými i kvalitativními vlastnostmi. Práce popisuje výrobu sladu a piva z některých netradičních surovin. Byly vybrány pohanka, amarant, quinoa, proso, rýže, kukuřice, čirok, oves a žito.

V první části práce bylo popsáno chemické složení piva. Práce byla zaměřena zejména na látky, které jsou důležité pro výrobu sladu a piva. V další části byly popsány postupy máčení, klíčení a hvozdění při standardním postupu výroby ječného sladu. Tento postup výroby sladu byl porovnáván s publikovanými postupy výroby sladů z netradičních surovin. U autorů publikací byl často konstatován značný rozptyl v postupech výroby sladů z jednotlivých surovin. U některých surovin byla udávána nízká schopnost štěpení polysacharidů bez přidání enzymatických látek. Tento problém autoři uváděli zejména u pohanky, ovsa a rýže.

Výroba sladiny a mladiny z netradičních surovin byla rovněž porovnávána se standardní přípravou sladiny a mladiny z ječného sladu. Největší problémy vykazovala příprava sladiny z pohanky, ovsa a rýže v průběhu svezování kvůli vysoké viskozitě. Naopak dobrých výsledků bylo dosaženo při výrobě sladiny z žita, amarantu a kukuřice.

Byly popsány sensorické vlastnosti piv s vazbou na látky, které je ovlivňují. U piv, vyrobených z netradičních surovin, byl zejména uváděn velký rozdíl v barvě. Jako nejsvětlejší bylo hodnoceno pivo uvařené z rýže a kukuřice, nejtmavší barvu vykazovalo pivo z čiroku a quinoi. U piva z ovsa, pohanky a quinoi autoři uváděli nízkou koloidní stabilitu piva. Poměrně často vykazovala piva z netradičních surovin chuťové a čichové vady. Nejvíce těchto vad vykazovalo rýžové pivo. U tohoto piva autoři uváděli výskyt chuti vlhkého obilí, u některých variant i přítomnost jablečné a kukuřičné chuti.

Velkým přínosem některých netradičních surovin pro výrobu piva je absence lepku. Pohanka, amarant, quinoa, proso a kukuřice byly hodnoceny jako využitelné pro výrobu piv pro celiaky. Díky tomu lze předpokládat vyšší účast vědeckých pracovišť na optimalizaci technologických postupů při výrobě těchto piv.

Klíčová slova: cereálie; pseudocereálie; slad; barva piva; lepek

The effect of the use of non-traditional ingredients in beer production

Abstract

Beer production is a relatively complex process. In our culture, the technology of beer production from barley malt and hops is already well described, and established brewing procedures vary minimally. Considering the expansion of the beer market range, various non-traditional ingredients can be used to produce beers with different sensory and qualitative properties. The work describes the production of malt and beer from some non-traditional ingredients. Buckwheat, amaranth, quinoa, millet, rice, corn, sorghum, oats, and rye were chosen.

The first part of the work described the chemical composition of beer. The work focused particularly on substances that are important for the production of malt and beer. The next part described the processes of soaking, germination, and kilning in the standard production of barley malt. This malt production process was compared with published processes for producing malt from non-traditional ingredients. Authors of these publications often noted a significant variance in the malt production processes from individual ingredients. Some ingredients were noted to have a low ability to degrade polysaccharides without the addition of enzymatic substances. This problem was particularly reported with buckwheat, oats, and rice.

The production of sweet wort and wort from non-traditional ingredients was also compared to the standard preparation of sweet wort and wort from barley malt. The greatest problems were shown in the preparation of wort from buckwheat, oat, and rice during lautering due to high viscosity. On the other hand, good results were achieved in the production of wort from rye, amaranth, and corn.

The sensory properties of beers, linked to the substances that influence them were described. Beers made from non-traditional ingredients, in particular, were noted to have a significant difference in the colour. The lightest colour was noted in beers brewed from rice and corn, while the darkest colour was reported in beers from sorghum and quinoa. Beers from oats, buckwheat, and quinoa were reported to have low colloidal stability. Beers from non-traditional ingredients frequently exhibited taste and olfactory defects. Rice beer, in particular, was reported to have flavours of wet cereal, and in some variants, the presence of apple and corn flavours was also noted.

A significant benefit of some non-traditional ingredients for beer production is the absence of gluten. Buckwheat, amaranth, quinoa, millet, and corn have been evaluated as usable for producing beers for celiacs. As a result, it can be expected that there will be greater participation by scientific institutions in optimizing technological processes in the production of these beers.

Keywords: cereals; pseudocereals; malt; beer colour; gluten

Obsah

Obsah	6
1 Úvod	8
2 Cíl práce	9
3 Literární rešerše	10
3.1 Chemické složení piva	10
3.1.1 Alkohol	10
3.1.2 Sacharidy.....	11
3.1.3 Dusíkaté látky ve sladu a pivu	11
3.1.4 Lipidy.....	12
3.1.5 Minerální látky	12
3.1.6 Vitaminy	13
3.2 Obecný postup výroby sladu	14
3.2.1 Máčení	14
3.2.2 Klíčení.....	15
3.2.3 Hvozdění	16
3.3 Výroba sladu z netradičních surovin	16
3.3.1 Pohanka	16
3.3.2 Amarant	17
3.3.3 Quinoa (Merlík).....	18
3.3.4 Proso	19
3.3.5 Rýže.....	20
3.3.6 Kukuřice	20
3.3.7 Čirok	21
3.3.8 Oves	22
3.3.9 Žito	23
3.4 Obecný postup přípravy sladiny a mladiny	24
3.4.1 Rozemletí sladu na sladový šrot	24
3.4.2 Vystírání	24
3.4.3 Rmutování.....	24
3.4.4 Scezování.....	27
3.4.5 Vyslazování.....	27
3.4.6 Chmelovar	28
3.4.7 Separace hrubých kalů.....	28
3.4.8 Ochlazení a provzdušnění mladiny	29
3.5 Způsoby výroby sladiny a mladiny z netradičních surovin	29
3.5.1 Pohanka	29

3.5.2	Amarant	30
3.5.3	Quinoa.....	31
3.5.4	Proso	31
3.5.5	Rýže	31
3.5.6	Kukuřice.....	31
3.5.7	Čirok	32
3.5.8	Oves.....	32
3.5.9	Žito	32
3.6	Kvašení	33
3.6.1	Kvasinky spodního a svrchního kvašení	33
3.6.2	Hlavní kvašení	34
3.6.2.1	Netradiční způsoby kvašení piva.....	34
3.6.3	Dokvašování	35
3.7	Filtrace.....	35
3.8	Metody prodloužení doby trvanlivosti piva.....	36
3.9	Kvalitativní parametry.....	36
3.9.1	Koloidní stabilita piva	36
3.9.2	Barva	38
3.9.3	Chuťové a aromatické látky piva.....	39
3.9.4	Pěnovost.....	41
3.9.5	Senzorické hodnocení piv z netradičních surovin.....	43
	Závěr	45
4	Literatura	46

1 Úvod

Pivo je obecně kvašený nápoj z obilnin. Počátek vaření piva spadá do dávné historie. První archeologické nálezy o cílené výrobě piva pochází z Mezopotámie. Významným objevem byla hliněná tabulka datovaná cca 3400 let př. n. l., která popisuje výrobu piva. S přibývajícím množstvím nálezů těchto tabulek lze říci, že kolem roku 2500 př. n. l. existovalo minimálně 5 druhů piva (Paulette 2020). Dalšími důkazy existence piva ve starověké Mezopotámii jsou některé pasáže v Eposu o Gilgamešovi a Chamurappiho zákoníku. Kolem roku 3000 př.n.l. se pivovarnictví rozšířilo i do Egypta. Starověké pivo bylo velmi husté a kalné. Před konzumací se kalné látky nechaly sedimentovat a pivo se pouze horní část nápoje, a to slaměnými brčky (Michel et al. 1993).

V současnosti si v naší kultuře obvykle pod pojmem „pivo“ vybavíme pivo vyrobené z ječného sladu ochucené hořkým chmelem. Nicméně pivo se v různých obměnách vyrábí téměř ve všech částech světa. Kromě piva z ječného sladu se můžeme setkat s pivy vyrobenými z dalších různých obilovin či pseudoobilnin (pšenice, žito, oves, proso, rýže, kukuřice, amarant, pohanka a další) nebo s pivem, kde tyto jsou pro nás netradiční suroviny kombinovány s ječmenem v různém poměru. Použití těchto netradičních surovin může obohatit sortiment piv na trzích, kde výrazně převyšuje prodej piv vyrobených pouze z ječného sladu. Piva vyrobená z některých netradičních obilnin a pseudoobilnin, mohou mít výrazně odlišné sensorické vlastnosti (například chuť, barvu, kvalitu pěny a další) v porovnání s pivy vyrobenými pouze z ječného sladu. Některé plodiny mohou přinést zdravotní benefity takto uvařeného piva, např. pohanka. Díky použití surovin, které mají nízký obsah lepku, lze vyrobit pivo, které je vhodné pro celiaky.

Proti zavedeným postupům vaření piva z ječmene se při výrobě piva s použitím netradičních surovin stále hledají optimální postupy při jeho výrobě, a to od procesu máčení při výrobě sladu až po fázi kvašení.

Shrnutí různých technologických postupů výroby piva s použitím netradičních surovin je spolu s uvedením jejich vlivu na sensorické vlastnosti piva jedním z hlavních cílů této práce.

2 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce bylo zhodnotit vliv použití netradičních surovin při výrobě piva. Zejména se jednalo o využití sladů z méně obvyklých cereálií a pseudocereálií. Byly sledovány odlišnosti v technologii výroby piva z různých surovin, a to při máčení, klíčení a hvozdní sladu a dále schopnost extrakce zkrasitelných cukrů a snadnost scezování. Bylo zkoumáno, jak tyto suroviny ovlivňují sensorické parametry a stabilitu piva. U sladů z pseudocereálií byla hodnocena jejich vhodnost pro výrobu bezlepkového piva.

3 Literární rešerše

3.1 Chemické složení piva

Pivo je alkoholický nápoj tradičně vyráběný z vody, ječného sladu, chmelu a pivovarských kvasinek. Slad je nejdůležitějším zdrojem výživových látek obsažených v pivu. 1 litr piva má energetickou hodnotu cca 1600 kJ (Basařová et al. 2010). Přibližný obsah vybraných nutričních látek v 1 litru piva je uveden v tabulce 1.

Sacharidy	27 g/l
-z toho cukry	4 g/l
Bílkoviny	4 g/l
Tuky	stopové množství
Vláknina	2 g/l
Ethanol	37 g/l

Tabulka 1: Výživové hodnoty piva (Goňi et al. 2009, Basařová et al. 2010)

Charakteristiky vybraných látek budou popsány v následujících podkapitolách.

3.1.1 Alkohol

Alkohol, konkrétně ethanol, vzniká v pivu ze sacharidů během procesu kvašení. Jeho množství se v České republice udává v objemových procentech, zkratka % ABV (alcohol by volume). Pivo obvykle obsahuje mezi 2,5 až 12 % ABV (Basařová et al. 2010). Na základě vyhlášky č. 248/2018 Sb. mohou nealkoholická piva obsahovat maximálně 0,5 % ABV a nízkalkoholická piva musí splňovat rozsah 0,5-1,2 % ABV. Alkohol má poměrně vysokou energetickou hodnotu, 7 kcal/g, tedy 29 kJ/g. Je to více než mají sacharidy a bílkoviny, ale méně než tuky (Carlos et al. 2021).

Podle Britton & McKee (2000) umírněná konzumace alkoholu do 2-3 pint (1 pinta = 0,473 l) denně snižuje riziko kardiovaskulárních onemocnění. Závisí ovšem na způsobu pití alkoholu, benefity pití alkoholu byly sledovány jen při pravidelné konzumaci, při nárazové konzumaci naopak rizika stoupají. Toto tvrzení potvrzují i Baxter a Hughes (2001), kteří k tomu ještě dodávají, že úplná abstinence zvyšuje riziko kardiovaskulárních onemocnění. Množství alkoholu, které tělo přijme v 1-3 pintách piva, způsobuje zvýšení hladiny HDL lipoproteinů a apolipoproteinů, které snižují riziko kardiovaskulárních onemocnění. Dále alkohol snižuje hladinu LDL lipoproteinů, které mohou způsobovat aterosklerózu. Další účinek přiměřené konzumace alkoholu je snížení koncentrace fibrinogenu, který snižuje krevní srážlivost. Snížení rizika kardiovaskulárních onemocnění při umírněné konzumaci alkoholu taktéž potvrzují Goncalves et al. (2015), Pedro et al. (2018) a Hernández-Quiroz et al. (2020).

Hernández-Quiroz et al. (2020) však dále poukazuje i na negativní aspekt konzumace alkoholu v souvislosti se střevním mikrobiomem. U účastníků experimentu docházelo ke

zvýšení diverzity střevních mikroorganismů při konzumaci nealkoholického piva. Engen et al. (2015) konstatuje poškození střevního mikrobiomu při nadměrné konzumaci alkoholu.

Konzumací vyšší dávky alkoholu dochází k poruchám rovnováhy, zpomalení reakcí a může docházet k nevolnosti. Řízení vozidel pod vlivem alkoholu je zakázáno, protože dochází k zhoršenému vnímání červené barvy, dochází k tunelovému vidění a spolu se ztrátou zábran a kritičnosti výrazně zvyšuje pravděpodobnost nehody. Při dlouhodobém užívání alkoholu může dojít k onemocnění trávicí soustavy, onemocnění jater a srdce, poruchám spánku, oslabení imunity a poškození nervové soustavy. Alkohol dále způsobuje odbourávání vápníku z kostí, čímž může zapříčinit osteoporózu (Krajská hygienická stanice Ostrava 2024).

3.1.2 Sacharidy

Během vaření piva dochází pomocí α -amylázy ke štěpení polysacharidů, zejména škrobu, na jednodušší sacharidy. Glukóza, maltóza a maltotrióza jsou kvasinkami přeměněny zejména na ethanol a oxid uhličitý. Některé další sacharidy, které vznikají během rmutování, však kvasinky nedokážou metabolizovat a v pivu zůstávají v nezměněné podobě. Jedná se především o přímé dextriny a rozvětvené dextriny se 2 a více větvemi (Baxter & Hughes 2001). Těchto sacharidů se v pivu nachází 3,6 g/100 ml (Food data central 2019). Přímé dextriny jsou štěpeny pankreatickou amylázou a rozvětvené dextriny oligo-1,6-glukosidázou. Oba typy dextrinů tělo využívá jako zdroj postupně se uvolňující energie (Baxter & Hughes 2001). Energetická hodnota sacharidů je 17 kJ/g (Basařová et al. 2010). Ze sensorického hlediska dextriny nemají sladkou chuť kvůli jejich nedostatečnému rozštěpení slinnou amylázou, ale obsah dextrinů v pivu přispívá k pocitu plnosti v ústech (Baxter & Hughes 2001).

Dalším zástupcem sacharidů v pivu je vláknina tvořená především β -glukany. V pivu může vytvářet zákaly způsobující problémy s koloidní stabilitou nebo při výrobě piva. Pro lidské tělo je však konzumace β -glukanů přínosem, protože podporují peristaltiku tlustého střeva a snižují hladinu LDL cholesterolu, čímž chrání krevní oběh před aterosklerózou (Baxter & Hughes 2001). Pivo typu ležák obsahuje 1,9-2,0 g rozpustné vlákniny v jednom litru piva (Goňi et al. 2009).

3.1.3 Dusíkaté látky ve sladu a pivu

Dusíkaté látky obsažené v pivu mají různé velikosti, struktury a vlastnosti. Jedná se o dusíkaté látky na bázi bílkovin a jejich štěpných produktů, tedy aminokyseliny, peptidy a proteiny, a dusíkaté látky nebílkovinné povahy, mezi jejichž zástupce patří např. amidy, amonné soli a dusíkaté báze (Kosař & Procházka 2000). Hlavním zdrojem těchto látek je ječmen. Jeho obsah bílkovin činí 10-12 %, přičemž do mladiny jich přechází zhruba 1/3. Většina bílkovin s molekulovou hmotností větší než 17 kDa zůstane po rmutovacím procesu v mlátu nebo se vysráží ve formě kalů během chmelovaru (Baxter & Hughes 2001). Dalším zdrojem bílkovin je chmel, nicméně vzhledem k jeho malému množství ve várce lze považovat tyto bílkoviny za nevýznamné (Basařová et al. 2010).

Mezi látky bílkovinné povahy spadají i enzymy. Zajišťují proces klíčení a podílí se na rozštěpení polysacharidů na zkvasitelné cukry. Mezi nejdůležitější enzymy v pivovarnictví patří α -amyláza, β -amyláza a proteázy (Kosař & Procházka 2000). Enzymy jsou aktivní pouze v určitých podmínkách, tudíž je třeba tomu uzpůsobit technologii výroby sladu a piva.

Důležitým předpokladem pro správný průběh kvašení je dostatek volných aminokyselin. Částečně z nich kvasinky syntetizují proteiny, čímž je umožněn jejich růst a pučení, a částečně je metabolizují na další produkty (Čížková et al. 2005). Většina piv obsahuje všechny základní aminokyseliny obvykle v množství mezi 5 a 10 mg na 100 g. Nejvíce zastoupenou aminokyselinou v pivu je prolin, jelikož jej kvasinky nedokážou asimilovat (Baxter & Hughes 2001). Jeho obsah v pivu byl stanoven na 17-24 mg na 100 ml (Čížková et al. 2005)

Naopak negativně působí dusitanové a dusičnanové ionty. Dusičnanový ion může být pomocí některých mikroorganismů přeměněn na dusitanový ion, který negativně ovlivňuje činnost kvasinek a také reaguje se sekundárními aminy, se kterými tvoří karcinogenní nitrosaminy (Kosař & Procházka 2000).

Pivo z ječmene a pšenice obsahuje 3-41 mg lepku v 1 litru piva v závislosti na typu. Vzhledem k poměrně vysokému počtu celiaků v populaci se řada výrobců piva (Clock, Ferdinand, Rohozec) zaměřuje i na piva s nízkým obsahem lepku. Piva (a obecně potraviny a nápoje) označená jako „bez lepku“ mohou obsahovat maximálně 20 mg lepku na 1 kg produktu (Evropská komise, 2014). Tato piva se vyrábí 2 hlavními metodami, buď výrobou z přirozeně bezlepkového sladu (rýže, pohanka, čirok, proso), nebo snížením obsahu lepku v průběhu výroby (např. enzymatickým preparátem). Nejmenší obsah lepku mají nealkoholická piva a nejvyšší pšeničná piva (Dostálek et al. 2006).

3.1.4 Lipidy

Pivo je potravinou s velmi nízkým obsahem tuku. Ječný slad obsahuje okolo 3 % lipidů. Část lipidů se během sladování a rmutování uvolňuje do mladiny. Cílem je však minimalizovat množství lipidů v pivu, protože lipidy mají negativní vliv na pěnivost a chuť piva (Baxter & Hughes 2001).

3.1.5 Minerální látky

Pivo obsahuje širokou škálu minerálních látek. Složení varní vody je důležité pro charakteristiku řady pivních stylů, protože minerální ionty obsažené ve vodě mohou mít vliv na kvalitu piva i na jeho chuť a vůni. Například voda s nízkým obsahem minerálií dala vzniknout ležákům plzeňského typu, naopak v Anglii, kde jsou vody bohaté na vápník a sírany, se rozšířilo pivo typu Pale Ale (Baxter & Hughes 2001). Tabulka č. 2 zobrazuje koncentraci vybraných minerálních látek v britských pivech a pivech typu ležák, který je typický pro střední Evropu (Bamforth 2002).

Koncentrace vybraných prvků [mg/l]	Britská piva	Ležáky
Draslík (K)	330-1000	253-680
Sodík (Na)	40-240	15-170
Hořčík (Mg)	60-200	34-162
Vápník (Ca)	40-140	10-135
Zinek (Zn)	0,01-0,46	
Křemík (Si)	50-120	

Tabulka 2: Koncentrace vybraných prvků v pivu (Bamforth, 2002)

Z nutričního hlediska je zvláště významný nízký poměr sodíku a draslíku v pivu, což je žádoucí pro snížení krevního tlaku. Příjem sodíku v západních společnostech je obecně značně vyšší než doporučené hodnoty (Newsberry et al. 2018). Pivo je bohaté na křemík v dobře stravitelné formě, který je důležitý pro tvorbu kostí (Baxter & Hughes 2001).

Z technologického hlediska je důležitý dostatek vápníku. Vápenatý kationt reaguje s hydrogenufosforečným aniontem a za vzniku fosforečnanu vápenatého a kationtu vodíku, čímž se snižuje pH. Nižší pH je tak vhodné pro funkci α -amylázy a β -amylázy, které způsobují zcukernatění škrobu. Dále dostatek vápníku snižuje kalnost, protože způsobuje srážení zákalotvorných bílkovin a šťavelanů. Příliš vysoká koncentrace vápníku však snižuje vitalitu kvasinek a zhoršuje extrakci aromatických látek chmele (Buiatti 2008).

Zinek je významný pro proteosyntézu a pučení kvasinek. Optimální koncentrace zinku je mezi 0,08-0,20 mg/l. Při koncentraci vyšší než 0,60 mg/l dochází ke zhoršení koloidní stability piva, s čímž je spojen nárůst zákalu. Při koncentraci nad 1 mg/l zinek působí toxicky na metabolismus kvasinek (Buiatti et al. 2008).

3.1.6 Vitaminy

Pivo je dobrým zdrojem vitaminů skupiny B. Niacin, riboflavin a thiamin napomáhají vstřebávání sacharidů a lipidů. Kyselina listová je nezbytná pro syntézu DNA a pomáhá snížit riziko kardiovaskulárních chorob a některých druhů nádorových onemocnění. Kobalamin, jehož zdrojem v pivu jsou kvasinky, napomáhá správnému fungování nervové soustavy a krvetvorbě (Baxter & Hughes 2001).

Pozitivní efekt konzumace piva na příjem vitaminů však působí pouze při umírněné konzumaci alkoholu. Alkoholici mívají nedostatek vitaminů částečně z důvodu nevyvážené stravy, ale také proto, že při vysoké konzumaci alkoholu jsou narušeny vstřebávání a metabolismus vitaminů (Baxter & Hughes 2001).

Piva s přídavkem nesladovaných obilnin a pseudoobilnin mají nižší obsah vitaminů než piva vyrobená pouze ze sladu (Baxter & Hughes 2001).

Vitaminy rozpustné v tucích (A, D, E, K) se v pivu téměř nevyskytují. Pivo je také špatným zdrojem vitamínu C, protože v průběhu výroby dojde k jeho degradaci vlivem vysoké teploty. Existují však i lahvová piva fortifikovaná vitamínem C z důvodu ochrání piva před oxidací a tím lepší skladovatelností (Baxter & Hughes 2001; Addolorato et al. 2008).

3.2 Obecný postup výroby sladu

Cílem výroby sladu je vytvořit v zrně velké množství aktivních enzymů, zejména amylolytických, ale také proteolytických. Před procesem sladování je aktivních enzymů relativně malé množství. Většina enzymů je v latentní formě, popř. ve formě prekurzorů (Benešová et al. 2017). Proces sladování se skládá ze 3 základních operací, a to máčení, klíčení a hvozdní.

Výroba sladu probíhá ve sladovnách. V České republice je jich několik, např. Sladovny Soufflet, Českomoravské sladovny, Moravamalt, sladovna Klusáček, sladovna Bernard (Český svaz pivovarů a sladoven 2024).

Nejčastěji se slad vyrábí z ječmene. Ječmen (*Hordeum* sp) je rostlina z čeledi lipnicovitých. Poprvé byl pěstován již před 8000 lety v oblasti přední a východní Asie. Do Čech byl rozšířen s příchodem Keltů ve 4. století př.n.l. Používal se zejména pro výrobu chleba a piva (Černý et al. 2007). V našich podmínkách se pro výrobu sladu nejčastěji používá ječmen jarní, který lze pěstovat i v sušších oblastech (Zimolka 2006). Rostlina má stéblo vysoké 80-130 cm, květenství je lichoklas. Obvykle z pluch ječmene vyrůstají osiny, ale existují i varianty bez osin. Ječmen má z běžně dostupných pivovarnických surovin nejvyšší obsah enzymů, které rozkládají polysacharidy na sacharidy s nižším počtem cukerných jednotek. Optimálním nastavením sladovacího procesu lze ovlivnit obsah enzymů a látek majících vliv na senzorické vlastnosti výsledného produktu (Edney et al. 2003).

3.2.1 Máčení

Hlavním cílem máčení je zvýšit obsah vody v zrně na optimální vlhkost pro zahájení vegetačních pochodů, které jsou spojeny s aktivací a tvorbou amyláz a proteáz. Dále během máčení dochází ke zbavení zrna nečistot a vyloužení škodlivých látek. Vlastnímu máčení předchází proces praní, který se zavádí z důvodu odstranění hořkých a barevných látek, kyseliny křemičité a bílkovin z obalů zrn. Podmínky máčení mají zásadní vliv na kvalitu budoucího sladu (Kosař & Procházka 2000).

Postup při máčení je vybírán podle použité plodiny a požadovaných vlastnostech sladu. Cílová vlhkost zrna pro výrobu světlých sladů je 40-44 %, u tmavých 45-48 %. Rychlost, jakou zrno přijímá vodu, je ovlivněno jeho velikostí, teplotou máčecí vody, fyziologickou zralostí a strukturou zrna danou množstvím srážek, případně sucha během dozrávání (Basařová 2015).

S přijímáním vody a tvorbou enzymů dochází ke spotřebě energie uložené v zrně a buněčnému dýchání, čímž se zvýší spotřeba kyslíku a zrna produkují oxid uhličitý (CO₂). Při nedostatečném přísunu kyslíku a vysoké koncentraci CO₂ může dojít až k umrtvení embrya. Z tohoto důvodu se provádí odsávání CO₂ a máčení se střídá se vzdušnými přestávkami. Při zvolení nevyhovujícího postupu může buněčné dýchání způsobit sladové ztráty až 1,5 % hm. (Kosař & Procházka 2000).

Oblast, kde probíhá máčení se nazývá máčírna. Samotné máčení probíhá v některém typu náduvníku. Existují kónické, ploché a Wildovy náduvníky, které se liší způsobem cirkulace plynů a zrn a spotřebou vody. Postupů máčení je mnoho, obvykle se střídá fáze namočení a fáze vzdušné přestávky. První namočení se obvykle provádí do vlhkosti 30 %, což trvá 2-6 h, doby dalších máčení a vzdušných přestávek se různí. U vzdušného máčení jsou přestávky delší, u tzv. klasického způsobu je naopak významně delší čas věnován mokré fázi. Přesný postup závisí na použité plodině, jejích parametrech a požadavcích na slad. Fáze máčení obvykle trvá 1-3 dny. Na konci všech zmiňovaných postupů by měla vlhkost zrna dosahovat zhruba 44 % (Kosař & Procházka 2000; Basařová 2015).

3.2.2 Klíčení

Při procesu klíčení probíhají růstové změny zrna, tvoří se klíček a vyvíjí se kořínky. Dochází k tvorbě enzymů, které se podílejí na metabolických pochodech v zrně.

Nejdůležitější enzymy, které během klíčení vznikají, jsou amylázy štěpící škrob. α -Amyláza se tvoří zejména mezi druhým a čtvrtým dnem klíčení. β -Amyláza je v zrně v malém množství obsažena již před klíčením, ale k výrazné produkci dochází od druhého dne klíčení. Pro dosažení celkově vyššího obsahu amyláz je doporučeno, aby klíčení probíhalo při nižších teplotách. Při klíčení dochází i k činnosti peptidáz, které štěpí bílkoviny v buněčných stěnách endospermu na peptidy a aminokyseliny. (Kosař & Procházka 2000).

Díky amylázám dochází k odbourávání škrobu a získání energie, která je spolu s aminokyselinami potřebná k růstovým změnám, tedy tvorbě klíčku a kořínku. Optimální délka klíčku by měla činit od 2/3 do celé délky zrna v závislosti na typu sladu. Zrna s delším klíčkem snižují výtěžnost sladu. Kořínek je důležitým znakem pro určení stádia klíčení, což pomáhá nastavit vhodné podmínky klíčení, např. teplotu nebo koncentraci kyslíku a oxidu uhličitého (Kosař & Procházka 2000).

Během klíčení stejně jako při máčení probíhá buněčné dýchání, tudíž je žádoucí optimalizovat podmínky, aby vyhovovaly jak vysokému obsahu enzymů, tak nízkým ztrátám sladu (Kosař & Procházka 2000).

Klíčení probíhá ve sladovadlech. Klasickým typem jsou tzv. humna, dále existují i pneumatické systémy, kam spadají bubnová, skříňová a věžová sladovadla. Prostory humnové sladovny by měly být zatemněné místnosti s podlahou vyspádovanou k okrajům. Klíčení

obilniny jsou na podlaže navrstveny a obráceny. Hmotnost sladu na 1 m² je 20 a 30 kg. Slad vzniklý na humnech bývá nepoškozený a mívá vysokou výtěžnost. Nevýhodami jsou výskyt plísní při zhoršeném technickém stavu humen a celková náročnost práce zaměstnanců. Pneumatická sladovarna jsou oproti humnům mnohem více automatizována. Disponují obrabečem na kypření a ventilátorem na vlhčený klimatizovaný vzduch. Na 1 m² je navrstveno 650-800 kg obilnin, díky jsou pneumatická sladovadla efektivnější. Jejich nevýhodou je vyšší pořizovací cena (Kosař & Procházka 2000).

Z hlediska teploty rozdělujeme klíčení na studené (max. 12 °C), při střední teplotě (14-18 °C) a teplé (18-22 °C). Teploty je možné během klíčení měnit. Doba klíčení trvá 5-6 dní (Basařová 2015).

Produktem operace klíčení je tzv. zelený slad. Zrna obsahují amylolytické a proteolytické enzymy. Klíček (tzv. střelka) dosahuje 2/3 až celé délky zrna. Kořínek je povadlý a má podobnou délku jako klíček (Kosař & Procházka 2000).

3.2.3 Hvozďení

Hvozďení (sušení) je závěrečnou fází výroby sladu. Hlavním cílem je zastavit enzymatické pochody v zrně, aby bylo slad možné uskladnit s ohledem na dosažení co nejnižších ztrát. Druhým cílem je vytvořit barevné, aromatické a chuťové látky (Kosař & Procházka 2000).

Hvozďení má dvě fáze. Během fáze předsoušení dochází ke snížení obsahu vody ve sladu z 44 na 11 % při teplotách 60 °C. Dokud je teplota relativně nízká (do 40 °C), klíčení zrna stále pokračuje. Životní pochody jsou zastaveny až mezi 40 a 60 °C a vlhkosti pod 20 %. Ve druhé fázi je teplota zvyšována na teplotu mezi 80 a 105 °C. Při těchto teplotách dochází k Maillardově reakci a vznikají sensoricky hodnotné látky (Kosař & Procházka 2000).

Po hvozďení následuje odkličování, tedy odstranění kořínků. Tento vedlejší produkt výroby sladu se nazývá sladový květ a nachází využití v droždárnách, farmacii, biotechnologii nebo krmivářství (Kosař & Procházka 2000).

3.3 Výroba sladu z netradičních surovin

Následující podkapitoly obsahují obecnou charakteristiku vybraných plodin, které lze využít pro výrobu sladu. Dále budou pro jednotlivé plodiny popsány postupy, které autoři publikovali na základě svých experimentů s cílem dosáhnout požadovaných vlastností sladu.

3.3.1 Pohanka

Pohanka (*Fagopyrum*) je jednoletá rostlina z čeledi rdesnovitých. Zrna pohanky jsou bohatá na polysacharidy, zejména na škrob, ale zároveň neobsahují lepek (Gabrovská et al. 2015). Pohanka je tedy potenciálně vhodnou plodinou pro výrobu bezlepkového piva.

Pohanka se začala pěstovat v Číně již před 3000 lety, odtud se rozšířila se do celé Asie. Do Evropy se dostala v 10. století z Ruska během válečných tažení asijských nájezdníků. První výskyt pohanky v Čechách je ve 12. století, přičemž největšího významu dosáhla v 16. a 17. století. V průběhu 19. století byl její význam v Čechách vlivem rostoucí konzumace bílé mouky na úpadku, avšak koncem 20. století došlo k opětovnému navýšení produkce, jelikož se začal zvyšovat zájem o bio potraviny (Janovská et al. 2008).

Do piva lze pohanku přidávat ve sladované nebo nesladované podobě. Pohankovým sladem lze nahradit část ječného sladu, nebo lze uvařit pivo i pouze z pohankového sladu. V rámci studie zaměřené na optimalizaci doby a teploty klíčení za účelem co nejvyššího obsahu enzymatických látek bylo zjištěno, že ideální doba máčení jsou 4 dny při teplotě vzduchu 15 °C (Wijngaard et al. 2018). Díky menšímu rozměru zrna pohanky stačí v porovnání se zrnem ječmene pro stejný obsah vody zhruba o 1/3 kratší doba máčení. Se zvyšující se dobou máčení se zvyšuje obsah β -amylázy, ale současně se zvyšují i sladové ztráty způsobené např. oxidací a tvorbou kořínku (Wijngaard et al. 2005). Phiarais et al. (2018) prováděl sérii pokusů s cílem optimalizovat proces hvozdění pohanky. Nejlepších výsledků dosáhl hvozděním při vyšší teplotě po kratší době (5 h při 40 °C, 3 h při 50 °C a 3 h při 60 °C). Tento postup se projevil zvýšením aktivity amylolytických enzymů a vyšší produkcí rozpustných dusíkatých látek v mladině.

Při použití nesladované pohanky je možné nahradit 40-55 % ječného sladu při zachování přijatelných sensorických vlastností. Takto vysoký podíl nesladované pohanky už však vyžaduje přídavek enzymatických preparátů (Ciocan et al. 2023).

Při výrobě piva pouze z pohankového sladu dochází k problémům se štěpením škrobu díky nízkému obsahu amylolytických enzymů, což vede k nízkému obsahu zkvasitelných sacharidů v mladině a špatnému průběhu kvašení. Zároveň má sladina z pohanky vyšší viskozitu než sladina z ječmene, což prodlužuje dobu scezování a filtraci piva. Z toho důvodu je snaha o optimalizaci výroby sladu z pohanky, který by dokázal tyto problémy minimalizovat (Dabija et al. 2022).

V České republice byla vyrobena piva s pohankou v pivovaru U Kozlíků, Lucky Bastard a Sibeerie. V zahraničí se pohankové pivo vyrábí v Belgii, Lucembursku a Francii (Marley & Bludice 2024).

3.3.2 Amarant

Amarant (*Amaranthus*), též laskavec, je jednoletá rostlina z čeledi laskavcovitých. V podmínkách České republiky dosahuje výšky až 2 m. Plodem jsou nažky různých barev, od béžové po černou, o průměru do 1,7 mm. Původně byla tato rostlina pěstována ve Střední Americe již před 3000 lety. Díky tomu snáší i nedostatek vláhy, roste i na málo úrodných i zasolených půdách, ale rostliny nejsou mrazuvzdorné. V porovnání s běžnými českými obilninami má vyšší obsah bílkovin, tuku, vlákniny, vitaminů a některých minerálních látek.

Významný je také vyšší obsah esenciální aminokyseliny lysinu, která je u ostatních obilovin limitující aminokyselinou (Gabrovská et al. 2015). Amarant obsahuje značné množství škrobu, až 60 % (Zhu 2015), ale neobsahuje lepek (de la Barca et al. 2010), tudíž je potenciální plodinou pro výrobu bezlepkového piva.

Amarant je bohatým zdrojem iontů hořčíku, vápníku a zinku, které mají význam v přeměně sacharidů na alkohol. Zefektivnění kvašení bylo pozorováno již při nahrazení 10 % ječného sladu nesladovaným amarantem (Kordialik-Bogacka et al. 2019).

V publikacích o způsobu sladování amarantu lze nalézt značně rozdílné údaje o podmínkách a způsobu provedení jednotlivých operací výroby sladu. Dle Zweytick & Berghofer (2009) byla pro máčení dostatečná doba 1 h, po které následovalo třídní klíčení zakončené hvozděním při 80 °C po dobu 24 h. Oproti tomu, dle de Meo et al. (2011) trvalo máčení 5 a 8 h s 8 a 12h vzdušnou pauzou. Klíčení trvalo 7 dní při 8 °C a 3 dny při 15 °C kvůli nedostatečnému vývinu kořínků. Hvozdění probíhalo podle teplotního programu 50 °C (16 h), 60 °C (1 h) a 65 °C (5 h). Při máčení použil 0,2% roztok hydroxidu sodného (NaOH). Použití tohoto roztoku mělo vliv na potlačení mikrobiální kontaminace amarantu během sladování a zvýšilo množství rozpustných dusíkatých látek.

Zarnkow et al. (2005) pracoval na optimalizaci sladovacího postupu amarantu. Z hlediska maximalizace aktivity amyláz byl popsán následující postup. Máčení trvalo 2,5 dne (den = 5 h máčení, 19 h vzdušná přestávka) až do dosažení vlhkosti zrna 54 %. Klíčení pak probíhalo 7 dní při teplotě 8 °C. Hvozdění probíhalo 17 h při 50 °C, 1 h při 60 °C a dotahovací teplota byla 65 °C po dobu 5 h. Nicméně ani při těchto podmínkách nebyla amylolytická aktivita vyrobeného sladu dostatečná na rozštěpení veškerého škrobu na zkvasitelné sacharidy.

3.3.3 Quinoa (Merlík)

Quinoa (*Chenopodium quinoa*) je jednoletá rostlina z čeledi laskavcovité. Existuje mnoho kultivarů, které se liší barevně, což je dáno obsahem antokyanů a karotenů. Některé kultivary dosahují výšky až 2,3 m nad zemí (García-Parra et al. 2020). Zrna quinoj obsahují saponiny, což jsou antinutriční látky hořké chuti, které je potřeba před konzumací odstranit. To lze provést máčením, vystavením vysoké teplotě, extruzí nebo pražením (El Hazzam et al. 2020). Quinoa byla pěstována především v Andách, na území dnešní Chile a Kolumbie již před 7000 lety. Postupně se rozšířila po celé Jižní Americe. Díky svému dobře vyvinutému kořenovému systému je schopna růst i v méně úrodných oblastech. Koncem 20. století byla potvrzena její mimořádná nutriční hodnota, zejména její obsah bílkovin, a na počátku 21. století se dostala do všeobecného povědomí i mimo Jižní Ameriku (Scanlin & Lewis 2017). Je vhodná i pro celiaky (Gabrovská et al. 2015).

Chawanda et al. (2022) hledal optimální způsob pro výrobu sladu z quinoj. Nejvhodnějšího sladu pro vaření piva dosáhl, když máčení probíhalo při 15 °C po dobu 2 dnů

dle následujícího schématu: 4 h máčení, 18 h vzdušná přestávka, 4 h máčení, 12 h přestávka, 4 h máčení, 6 h vzdušná přestávka. Klíčení probíhalo po dobu 96 h. Kvalita sladu vyrobeného tímto postupem je dle autora dostatečná pro výrobu piva.

Nesladovanou quinou je možné nahradit až 30 % ječného sladu bez nutnosti přidání enzymatických preparátů. Nesladovaná quinoa může být do piva přidávána ve formě zrn nebo vloček. Vločky obsahovaly významně více škrobu a méně β -glukanů a tuků než celá zrna (Kordialik-Bogacka et al. 2018).

Pivo s obsahem quinoy vyrobil americký pivovar Dogfish Head (Marley & Bludice 2024).

3.3.4 Proso

Proso seté (*Panicum miliaceum*) patří mezi nejstarší kulturní plodiny. Pochází z oblasti střední Asie a bylo využíváno již počátkem neolitu. Bylo hojně pěstováno i na území obývaném Slovany (Gabrovská et al. 2015). Rostlina dosahuje výšky 80-130 cm. Obvykle se vytváří 1-5 odnoží, ale jen 1-3 jsou plodné. Květenství (lata) dosahuje délky 0,15-0,5 m. Obilka je kulatá o průměru 2-3,5 mm (Moudrý et al. 2005). Díky dobře vyvinutému a relativně dlouhému kořenovému systému je schopno získávat vláhu i v lehčích a sušších půdách (Janovská et al. 2008). Proso je bezlepková potravina (Gabrovská et al. 2015).

Zarnkow et al. (2010) pro výrobu prosného sladu použil následující schéma. Teplota při máčení a klíčení zrn byla 22 °C. První a druhý den byla zrna máčena 5 h a následujících 19 h byla ponechána na vzduchu o relativní vlhkosti 95 %. Třetí den byla zrna máčena, dokud nedosáhla vlhkosti 44 %. Klíčení trvalo 5 dní. Hvozdění probíhalo při 50 °C po dobu 24 h, poté pokračovalo 1 h při teplotě 60 °C a 1 h při 70 °C. Závěrečné hvozdění probíhalo 3 h při teplotě 80 °C. Pivo vyrobené z tohoto sladu mělo oproti pivu z kvalitního ječného sladu nižší viskozitu, o téměř 20 % nižší extrakt, pouze čtvrtinový obsah α -amylázy a poloviční obsah β -amylázy.

Sebestyén et al. (2013) rovněž popisuje pokus o uvaření piva pouze z prosného sladu. Proso bylo máčeno při teplotě 14-15 °C, dokud jeho vlhkost nedosáhla 44 %. Klíčení probíhalo po dobu 3 dnů při teplotě 22 °C. Slad byl hvozděn při teplotě 80 °C. Pivo uvařené z tohoto sladu mělo zhruba poloviční extrakt než pivo z ječného sladu a mělo světlejší barvu.

Použitím nesladovaného prosa je možné nahradit až 40 % ječného sladu. Dochází však ke snížení extraktu v mladině a následnému snížení obsahu alkoholu v porovnání s pivem z ječného sladu. Ke zvýšení extraktu a obsahu alkoholu došlo v případě, kdy bylo proso dodáno v želatinované podobě. Teplota želatinace byla u prosa 65 °C (Cela et al. 2022).

Českým zástupcem piva s prosem je Nachmelená medvědice, která vznikla spoluprací pivovaru Krkonošský medvěd a Nachmelená opice. Prosná piva byla vyrobena i ve Francii a v Maďarsku (Marley & Bludice 2024).

3.3.5 Rýže

Rýže byla jako kulturní plodina pěstována již před 13 500 lety na území dnešní Číny (Gabrovská et al. 2015). Nejčastěji pěstovaným druhem je rýže setá (*oryza sativa*). Též se však pěstuje i rýže africká (*oryza glaberrima*), zejména v povodí řeky Niger (Manful & Graham-Acquaah 2016). V současné době je rýže z hlediska objemu nejpěstovanější obilninou (Gabrovská et al. 2015). Rýže je rostlina z čeledi lipnicovitých. Její výška dosahuje až 120 cm. Jedna lata obsahuje okolo 250 zrn (Anil et al. 2022). Kořenový systém je mohutný s mnoha odnožemi.

Výroba rýžového sladu je problematická, protože rýže obsahuje velmi dlouhé molekuly škrobu a zároveň málo enzymů, které jsou schopny plně rozštěpit molekuly škrobu na sacharidy o nižší molekulové hmotnosti. Nedostatečný rozklad škrobu snižuje rychlost scezování a výtěžnost. Proto se při výrobě rýžového piva používají přídatné enzymatické preparáty. Jejich použití může způsobit degradaci rýžových bílkovin. Tyto vysokomolekulární bílkoviny jsou však důležité pro tvorbu pěny a její stabilitu. Proto je i s použitím komerčních enzymatických prostředků náročné vyrobit 100% rýžový nápoj podobný pivu (Mayer et al. 2016).

Mayer et al. (2014) pracoval na optimalizaci výroby rýžového sladu. Nejlepších výsledků bylo dosaženo při dodržení následujícího sladovacího postupu: V prvním kroku byla rýže namáčena po dobu 8 h při teplotě 25 °C, následně byla ponechána 8 h na vzduchu. Dále byla opět máčena 8 h, tentokrát při teplotě 24 °C. Po 8 h ponechání na vzduchu byla opět máčena po dobu 8 h při teplotě 24 °C. Následovalo ponechání na vzduchu při teplotě 23 °C po dobu 8 h. Závěrečné máčení trvalo rovněž 8 h, ale teplota byla snížena na 23 °C. Klíčení probíhalo po dobu 24 h při teplotě 22 °C, dalších 24 h při teplotě 21 °C a závěrečných 72 h při teplotě 20 °C. Další operací bylo hvozdnění. Prvních 12 h byla udržována teplota 45 °C, dalších 12 h 50 °C, následovalo 13,5 h při 55 °C a proces byl ukončen při teplotě 70 °C po dobu 6 h.

V České republice pivo s obsahem rýže uvařil např. pivovar Cobolis (Alcatraz Brut IPA). Dále ve spolupráci pivovaru Raven a Zichovec vzniklo pivo Mango Sticky Rice (Marley & Bludice 2024).

3.3.6 Kukuřice

Kukuřice (*Zea*) je rostlina z čeledi lipnicovitých. V našich podmínkách dorůstá obvykle výšky 1,5-2,5 m, obecně může dorůst od 0,5 až do 6 m v závislosti na stanovišti a odrůdě. Kukuřice byla domestikována před 7000 lety. Původně se pěstovala ve Střední Americe. Jedná se o 3. nejvýznamnější plodinu na světě. V současné době se pěstuje ve všech teplejších částech světa (Iltis 2006).

Dle archeologických nálezů v Peru v oblasti And obývaných Inky se vyráběl nápoj podobný pivu zvaný chicha. Jeho výroba a distribuce byla řízena státem a sloužila i jako částečná úhrada za provedenou práci (Valdez 2006).

Kukuřičný slad je ze zdravotního hlediska rizikový vzhledem k častému výskytu mykotoxinů způsobujících nádorová onemocnění, jejichž původci jsou obvykle houby rodu *Fusarium* (Mbita et al. 2009).

Pro pivovarnictví je kukuřice významná zejména pro svůj vysoký obsah škrobu. Obsah škrobu v ječmeni je 52-69 %, zatímco u kukuřice dosahuje 62-80 %. Díky takto vysokému obsahu škrobu může náhrada 30 % ječného sladu kukuřicí snížit finanční náklady na výrobu až o 8 %. Kukuřice může být do piva přidávána ve formě mouky, krup, škrobu, pufovaného zrna, extrudovaného zrna, kukuřičného sirupu nebo jako čisté zrna (Dabija et al. 2021).

Ve studii provedené Poreda et al. (2014) bylo přidáním kukuřice ve formě šrotu o velikosti 0,25-1,25 mm nahrazeno 20 % ječmene. Při takovém množství nebyly zaznamenány žádné negativní dopady na fyzikální a chemické parametry piva (Poreda et al. 2014).

V dalším experimentu, při kterém byla část ječného sladu nahrazena extrudovanou kukuřicí, byla kukuřice nejdříve oloupána, následně rozdrčena, a nakonec extrudována při teplotách 44 °C, 54 °C a 64 °C. Aromatické látky ve výsledném pivu byly v rozsahu obvyklém pro piva typu ale a ležák (He et al. 2018).

Pro výrobu bezlepkového piva lze použít postup vycházející z výroby tradičního středoamerického nápoje chicha. Výrobu sladu lze provádět následujícím způsobem: Zrna jsou propírána vodou o teplotě 10 °C po dobu 15 minut. Potom probíhá máčení po dobu 2 h. Každých 30 minut je voda vyměněna. Klíčení probíhá 7 dnů při teplotě 15 °C a relativní vlhkosti 95 %. Vlhkost na konci klíčení dosahuje 40 %. Když délka kořínku dosahuje dvojnásobné délky zrna, klíčení je zastaveno procesem hvozdění, které probíhá 18 h při teplotě 80 °C (Zweytick & Berghofer 2009).

Zástupci českého piva s kukuřičnou surogací je např. ¡El Garcia! a Cryo Factor od pivovaru Raven. V zahraničí vznikají piva s přídavkem kukuřice např. v Belgii nebo ve Velké Británii (Marley & Bludice 2024).

3.3.7 Čirok

Čirok (*Sorghum*) je rostlina z čeledi lipnicovitých. V současné době se pěstuje zejména v Africe, a to především kvůli své odolnosti vůči suchu a vysokým teplotám. Tato travina dosahuje výšky 0,6 – 2,4 m. Jeden klas čiroku obsahuje 800 až 3000 drobných zrn. Střední část stébel obsahuje sladkou šťávu (Britannica 2023).

Zrna čiroku obsahuje velké množství škrobu a amylolytických enzymů, ale neobsahuje lepek. Čirok má tedy optimální složení pro výrobu bezlepkového piva obsahujícího pouze

čirokový slad. Obsah amylolytických enzymů lze zvýšit správným skladováním. Jako optimální se ukázalo skladování po dobu 2 až 3 let při teplotě 12-23 °C. Jako náhrada části ječného sladu lze čirok do piva přidávat ve sladované nebo nesladované podobě. Je doloženo, že pivo s přídatkem čiroku bylo vařeno již za 2. světové války (Owuama 1999).

Tradiční africký postup výroby sladu z čiroku začíná máčením zrn ve vodě po dobu 10 až 24 h při teplotě okolí. Voda během procesu není vyměňována ani provzdušňována na rozdíl od evropských postupů. Vlhkost zrna se po 24 hodinách máčení pohybuje od 32,4 do 43,4 % podle odrůdy. Po řadu let se provádějí experimenty s cílem optimalizovat proces máčení a dosáhnout co nejvyšší enzymatické aktivity (Lyumugabe et al. 2012).

Owuama (1999) zjišťoval, jaké jsou optimální podmínky pro různé fáze výroby sladu. Z hlediska aktivace amylolytických enzymů je ideální doba máčení po dobu 18-22 h při teplotě 30 °C při dosažení vlhkosti 44-48 %. Z hlediska rychlosti klíčení jsou však ideální podmínky máčení pouze do vlhkosti 35-40 %, a to ve tmě. Pokud klíčení probíhá při teplotě 22 °C po dobu 4 dnů a hvozdění se provádí při teplotě 50 °C, dochází ke snížení ztrát sladu o 5 %.

Z hlediska klíčení je optimální teplota mezi 25 a 30 °C a klíčení trvá 3-7 dnů v závislosti na odrůdě. Nízká nebo naopak vysoká teplota při klíčení snižovaly diastatickou mohutnost, tedy snižovaly aktivitu α a β amylázy (Owuama 1999).

V současné době se v České republice vyrábí čirokový slad z odrůdy Ruzrok, který využívá např. pivovar Clock k výrobě bezlepkových piv Glee a Herbee (Klír 2021).

3.3.8 Oves

Oves (*Avena*) je rostlina z čeledi lipnicovitých. Tato obilnina je pěstována v mírném klimatickém pásu po celém světě (Baum 2006). Je to rostlina bez vysokých požadavků na teplo a úrodnost půdy (Zdaniewicz et al. 2021). Nejčastěji dorůstá výšky přibližně 75 cm, konečná výška však může dosahovat až 114 cm v závislosti na dostupnosti vláhy (Sorrels & Simons 1992). Oves vytváří obvykle 5 odnoží, každá nese rozložitou latu, na které dozrávají zrna vřetenovitého tvaru (Arendt & Zannini 2013).

Z pivovarského hlediska je oves méně vhodnou surovinou, a to kvůli vysokému obsahu β -glukanů, které mohou komplikovat některé výrobní procesy. Naproti tomu však konzumace β -glukanů má pozitivní vliv na snížení obsahu LDL cholesterolu v krvi (Arendt & Zannini 2013).

Zdaniewicz et al. (2021) zkoumal, jaký vliv má využití ovesného sladu při výrobě piva. Při 10% surogaci nebyly pozorovány žádné negativní změny v kvalitě piva. Oves dodal pivu jemnou zrnitou chuť. Proces sacharizace proběhl normálně. Vyšší surogace (50 a 100 %) výrazně prodloužily dobu svezování a nižší výtěžek mladiny. Pivo obsahovalo nižší extrakt, a

tudíž i nižší obsah alkoholu. Za účelem zvýšení extraktu a kratší době scezování u piv s vyšší surogací autoři navrhují použití enzymových preparátů.

Klose et al. (2009) navrhl proces sladování následujícím způsobem: Zrna byla střídavě máčena a vystavena vzduchu. Máčení probíhalo při teplotě 13 °C po dobu 6, 4 a 3 hodiny. Na vzduchu při teplotě 18 °C bylo ponecháno po dobu 10, 7 a 1 h. Klíčení probíhalo po dobu 126 h při postupně snižujících se teplotách 17, 15 a 13 °C. Následně byla zrna hvozděna po dobu 23 h v 6 etapách při zvyšující se teplotě 55-85 °C.

Ovesný slad se využívá při výrobě belgického piva Blanche de Louvain (Basařová et al. 2010). Dalšími producenty piv s ovesnou složkou jsou malé pivovary v Čechách (Happy Dog, Zichovec, Antoš a další) i v zahraničí (AleBrowar – Polsko; Siren – Velká Británie; People like us – Dánsko; Brauhaus Binkert – Německo, Dogfish Head- U.S.A.). Obvykle se oves přidává do piv typu pale ale (Marley & Bludice 2024).

3.3.9 Žito

Žito (*Secale*) je rostlina z čeledi lipnicovitých. Původně bylo pěstováno ve střední Asii v horských oblastech. Do Evropy bylo přineseno Slovy, od nich se ho posléze naučili pěstovat i Germáni. Do poloviny 20. století bylo žito majoritní plodinou pro výrobu chleba. Je mrazuvzdorné a má dobře vyvinutý kořenový systém. Díky tomu má žito vysokou konkurenceschopnost a je tak snadné ho pěstovat kulturně i v méně úrodných oblastech. (Gabrovská et al. 2015)

Žitný slad je bohatým zdrojem škrobu a amylolytických enzymů. Díky tomu je vhodnou surovinou pro vaření piva a whisky. Žitné zrna rychle vstřebává vlhkost, a proto může být doba máčení relativně krátká. Pro zachování maximálního obsahu enzymatických látek se používají relativně nízké teploty hvozdění. Nicméně se z žita vyrábí i karamelové slady, které je třeba sušit při vysokých teplotách (Briggs 1998).

Hubner et al. (2010) zkoumal vliv doby a teploty máčení a klíčení na různé parametry žitného sladu a piva. Za hlavní úskalí výroby žitného piva považoval vysokou viskozitu mladiny, což znesnadňuje filtraci. Z devíti provedených sladovacích programů vyhodnotil jako nejlepší ten, při kterém bylo dosaženo nejnižší viskozity. Mladina vyrobená tímto postupem měla trochu nižší extrakt, nicméně fermentace probíhala srovnatelně s ostatními vzorky. Máčení u tohoto postupu probíhalo při teplotě 15 °C. Zrna byla máčena po dobu 3 h, následovala 3 h vzdušná přestávka. Tento postup byl opakován 5krát, dokud vlhkost nedosahovala 45 %. Posléze probíhalo klíčení při teplotě 10 °C po dobu 144 h. Hvozdění probíhalo po dobu 8 h při teplotě 45 °C a následně 15 h při teplotě 55 °C

Wang et al. (2018) zkoumal vztahy mezi vlhkostí zrna a dobou jeho klíčení na ztráty sladu, viskozity a množství extraktu. Optimální pro výrobu sladu je dle této studie klíčení po dobu 5 dnů při 45% vlhkosti. Nižší viskozity lze dosáhnout zvýšením vlhkosti při klíčení, ale

dosáhlo by se nepřijatelných sladovnických ztrát a zvýšily by se náklady na spotřebovanou energii při hvozdnění. Dostatečného množství extraktu bylo dosaženo při minimální době klíčení 4 dny.

Žitný slad lze přidávat do různých druhů piva. Nejčastěji se přidává do silných tmavých piv (Russian imperial stout, porter), ale lze se s ním setkat i u dalších stylů (ale, ležák, bock, Belgian Saison a další). Z českých pivovarů žito používá např. Pivovarský dům Benedict, Antoš, Doubravník nebo Pivovarský dvůr Chýně (Marley & Bludice 2024).

3.4 Obecný postup přípravy sladiny a mladiny

Výrobu sladiny a mladiny lze rozčlenit do několika fází. Basařová et al. (2010) a Kosař a Procházka (2000) se částečně liší v zařazování některých technologických procesů do kategorie vystírání a rmutování.

Sladina je základním meziproduktem při výrobě piva. Vzniká zahříváním vody a sladu dle určitého teplotního schématu. Primárním cílem tohoto procesu je přestup jednoduchých cukrů do vody. Sladina je posléze vařena s chmelem, z čehož vzniká tzv. mladé pivo neboli mladina. Zahraniční literární zdroje na rozdíl od českých sladinu a mladinu příliš nerozlišují a obojí nazývají slovem *wort*.

3.4.1 Rozemletí sladu na sladový šrot

Cílem mletí je rozemletí sladových zrn tak, aby vznikl optimální podíl jemnějších u hrubších částic zrna a pluchy zároveň zůstaly celistvé. Rozemletím dojde ke snadnějšímu rozpuštění látek, které se v dalších krocích účastní biochemických procesů (Basařová et al. 2010).

3.4.2 Vystírání

Ve fázi vystírání dochází ke smíchání sladu a varní vody. Pro světlá piva se množství vody pohybuje mezi 5 až 6 hl vody na 100 kg sypání. Pro tmavá piva je to přibližně o 1 hl vody méně (Basařová et al. 2010).

Vystírání probíhá ve vystírací nádobě. Existuje tzv. studená vystírka, teplá vystírka a horká vystírka. Studená vystírka probíhá při teplotě 20 °C a méně. Teplota teplé vystírky se pohybuje mezi 35 a 38 °C. Horká vystírka probíhá při teplotě 50-62 °C. Doba vystírky se pohybuje mezi 10 až 40 minutami v závislosti na teplotě. Tímto procesem vznikne tzv. várka (Basařová et al. 2010).

3.4.3 Rmutování

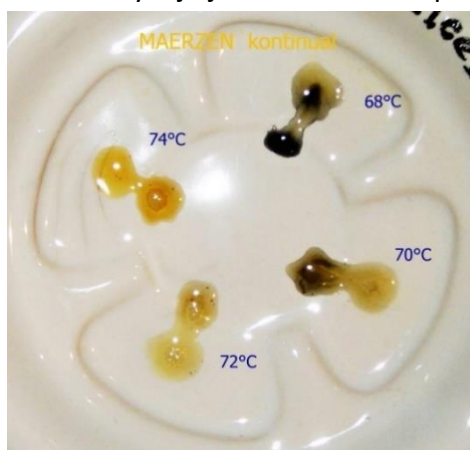
Rmutování je proces, při kterém je dílo postupně ohříváno na různé teploty, z nichž každá má svůj technologický význam.

Kyselinotvorná teplota 35-38 °C podporuje rozpouštění látek ze sladu, čímž se stávají lépe přístupné pro enzymy (Basařová et al. 2010).

Peptonizační teplota 45-50 °C je vhodná pro aktivitu proteáz a látek štěpících neškrobové polysacharidy β -glukany, které tvoří obalové části zrna. Díky takto rozpuštěným obalům dochází snadněji k rozkladu škrobu v dalších krocích rmutování. U surovin s vysokým obsahem β -glukanů jako je např. oves, je zařazení této teploty obzvláště důležité (Basařová et al. 2010).

Nižší cukrotvorná teplota 60-65 °C je důležitá pro optimální funkci β -amylázy. Díky β -amyláze v díle stoupá obsah redukujících cukrů, např. maltosy (Basařová et al. 2010).

Vyšší cukrotvorná teplota 70-75 °C umožňuje optimální funkci α -amylázy, enzymu štěpícímu škrob. Při této teplotě klesá viskozita. Na konci této fáze se provádí kontrola zcukření pomocí tzv. jodové zkoušky. Do malého množství roztoku z díla je přidáno několik kapek roztoku jódu. Obrázek č. 1 ukazuje různé barevné změny, ke kterým dochází vlivem přidání jódu. Pokud má výsledný roztok žlutou barvu, zcukření proběhlo v pořádku. Jestliže roztok obsahuje místy tmavě modré skvrny, znamená to, že roztok stále obsahuje škrob (Basařová et al. 2010). Obrázek 1 zachycuje jodovou zkoušku při různých teplotách.

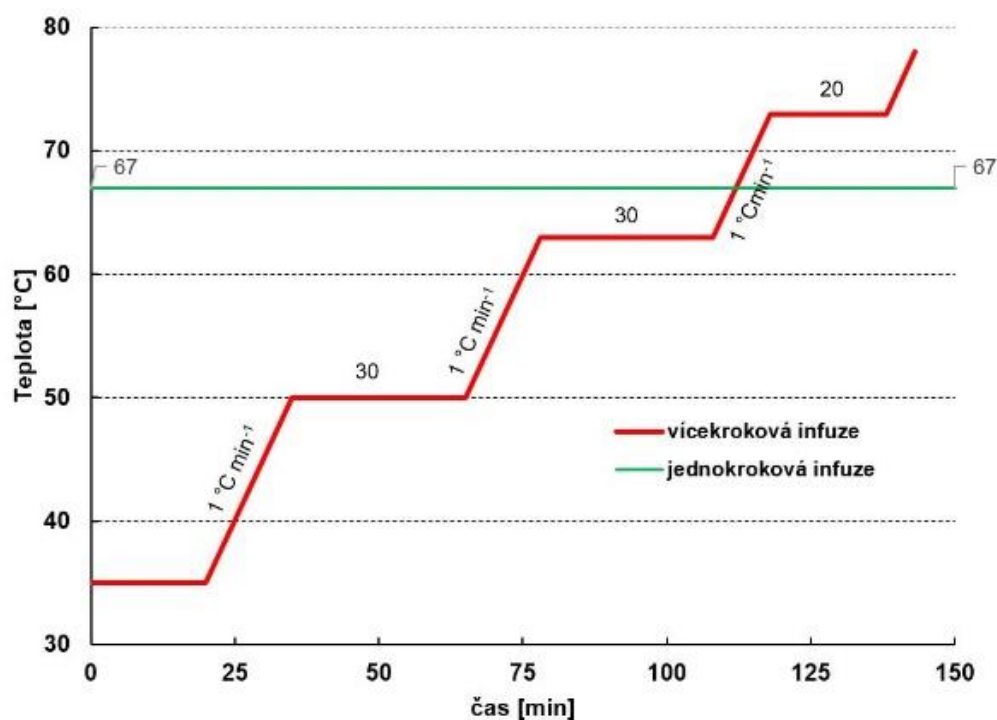


Obrázek 1: Provedení jodové zkoušky při různých teplotách (Vltavotýnské pivo Ležák Francek)

Během přechodu z nižší na vyšší cukrotvornou teplotu dochází k želatinaci škrobu. Při želatinaci bobtnají škrobová zrna, která jsou následně přístupnější pro působení amylytických enzymů. Teplota želatinace se liší pro různé plodiny. Rozsah teplot je od 63 °C do 70 °C (Fox 2018).

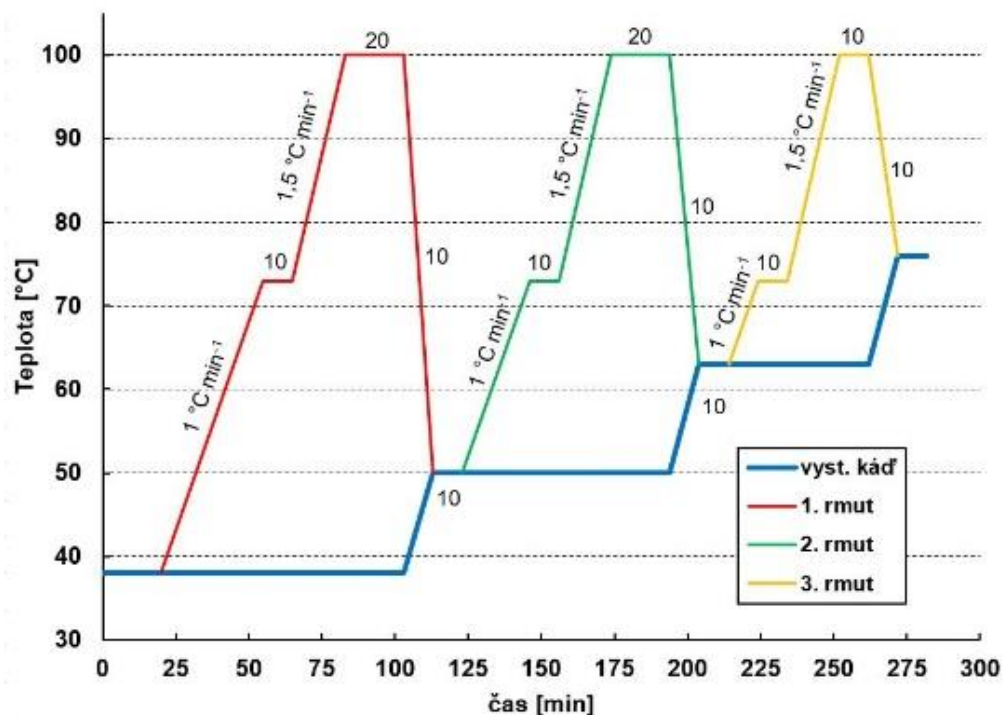
Odrmutovací teplota 76-78 °C je horní hranice aktivity α -amylázy. Tato teplota by se neměla překračovat, protože je potřeba zajistit, aby α -amyláza byla aktivní během následujícího kroku, kterým je vyslazování. Zároveň by však teplota neměla být nižší, protože by došlo k nárůstu viskozity a tím pádem horšímu průběhu scezování (Kosař & Procházka 2000; Basařová et al. 2010).

Těchto teplot lze dosáhnout tzv. infuzním nebo dekokčním způsobem. Infuzní způsob spočívá v postupném ohřívání díla, obvykle rychlostí $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ za 1 minutu. Nárůst teplot při vícekrokovém infuzním postupu je na obrázku 2 znázorněn červenou čarou. Zelenou čarou je znázorněna jednokroková infuze, používaná pro piva typu ale (Pavslar & Buiatti 2009), kdy se při neměnné teplotě vyloučí do díla méně požadovaných látek než při vícekrokové infuzi. Infuzní způsob je méně energeticky náročný a časově kratší než dekokční způsob. Piva vařená infuzí mají obvykle světlejší barvu a méně plnou chuť (Basařová et al. 2010).



Obrázek 2: Teplotní schéma infuzního postupu (Novotný 2015)

Dekokční způsob je typický zejména pro české ležáky. Dílo se ohřívá tím způsobem, že se část díla odebere a nechá se provařit. Po opětovném smíchání obou částí je dosaženo požadované teploty díla. Podle počtu opakování tohoto postupu existuje jednorumutový, dvourmutový nebo třírumutový dekokční postup (Kosař & Procházka 2000; Basařová et al. 2010). Průběh teplot při třírumutovém dekokčním postupu je na obrázku 3. Modrou čarou je znázorněna teplota ve vystírací kádi. Červenou, zelenou a žlutou barvou jsou znázorněny teploty odebraného díla při jednotlivých rmutech. Při ohřívání rmutů je jejich teplota po stanovenou dobu udržována na vyšší cukrotvorné teplotě. Poté se teplota rmutu zvyšuje až do bodu varu. Tato teplota rmutu je rovněž udržována po stanovenou dobu. Z grafu je patrné současné ochlazování rmutu a zvyšování teploty ve vystírací kádi po smíchání rmutu s obsahem kádě.



Obrázek 3: teplotní schéma třímutterového postupu (Novotný 2015)

Piva vařená dekokčním způsobem mají plnější chuť a tmavší barvu. Nárůst barvy je dán vyššími teplotami (až 100 °C) a delším časem přípravy. Dochází k Maillardově reakci, karamelizaci a oxidaci fenolů (Basařová et al. 2010).

3.4.4 Scezování

Cílem scezování je oddělit sladinu od mláta. Základem scezovací aparatury je scezovací kád', ve které je umístěn rošt. Mimo kád' vede potrubí začínající pod roštem a ústící nad roštem. Na tuto trubku je připojeno čerpadlo. Dílo je napuštěno do scezovací kádě, mláto sedimentuje na roštu a slouží jako filtrační materiál. Sladina je přes mláto přečerpávána, dokud není dostatečně čirá. Po dosažení požadované čirosti je sladina přečerpána do mladinové pánve. Takto získaná sladina se nazývá „předek“ (Basařová et al. 2010).

Scezování je ovlivněno kvalitou sladu, jeho složením, mírou rozštěpení vysokomolekulárních sloučenin během rmutování, teplotou a procesním zařízením. Negativní vliv na scezování mají látky zvyšující viskozitu, jako jsou β -glukany a arabinoxylany (Basařová et al. 2010).

3.4.5 Vyslazování

Mláto je ve scezovací kád'í skrápěno vodou o teplotě 76-78 °C. Cílem je promýt mláto od ulpělé sladině a zcukřit případné zbytky škrobu. Takto získaný permeát se nazývá „výstřelky“. Po konci vyslazování se v mladinové pánvi smíchá veškerá sladina, tedy předek a výstřelky a dílo je připraveno k započatí chmelovaru (Basařová et al. 2010).

3.4.6 Chmelovar

Primárním cílem chmelovaru je vnést do piva chuťové a aromatické látky z chmele.

Na počátku chmelovaru je sladina zahřívána na 100 °C v mladinové pánvi. Po dosažení této teploty je do díla přidán chmel. Ke chmelení se v současné době nejčastěji používají chmelové granuláty nebo chmelový extrakt. Od hlávkového chmele se ustupuje kvůli obtížnějšímu dávkování, pomalejší extrakci a náročnějšímu skladování. Obvykle se chmelí ve 2 nebo 3 dávkách. Celý chmelovar obvykle trvá 90 minut. Při třídávkovém chmelení se obvykle nejprve aplikuje první dávka na počátku chmelovaru, po 30 minutách další várka a zhruba 10 minut před koncem chmelovaru je přidána třetí dávka. První dávka chmele vnese do piva 20-30 % α -hořkých kyselin. Druhá dávka vnese do piva zhruba 50 % α -hořkých kyselin. Třetí dávka vnáší do piva nejméně hořkých látek, ale zato nejvíce aromatických (Kosař & Procházka 2000). Chmelovar má i řadu dalších důležitých funkcí. Během něho se odpařuje voda a dochází tak k zahuštění díla na požadovaný obsah extraktu. Současně se též odpařují těkavé látky, jako jsou některé chmelové silice a dimethylsulfid (Basařová et al. 2010). Dimethylsulfid vzniká ve sladu během jeho sladování. Pro jeho vypaření je třeba, aby chmelovar trval alespoň 90 minut a odpar činil 10 %. Pokud v mladině zůstane, světlým pivům propůjčuje chuť po kukuřici a v tmavých pivech je cítit po rajčatech. Dále ho v pivu mohou produkovat divoké kmeny kvasinek (Ježková 2022). Dále během chmelovaru dochází ke snižování pH, inaktivaci enzymů, koagulaci vysokomolekulárních dusíkatých látek a tvoří se produkty Maillardovy reakce (Kosař & Procházka 2000).

Hlavními původci hořké chuti v pivu jsou α -hořké kyseliny. Při varu α -hořké kyseliny izomerují a vznikají iso- α -hořké kyseliny, které jsou rozpustné i ve studené mladině a mají větší vliv na hořkost piva. Izomerace je podpořena delší dobou varu a vyšším pH (Kosař & Procházka 2000; Basařová et al. 2010). Iso- α -hořké kyseliny mají pozitivní vliv na stabilitu pěny (Kosař & Procházka 2000).

Teplota 100 °C, které je dosaženo při chmelovaru, je dostatečně vysoká pro sterilaci a inhibici mikroorganismů, čímž se sníží riziko zkažení piva (Kosař & Procházka 2000).

3.4.7 Separace hrubých kalů

Z mladiny je třeba odstranit chmelové mláto. K separaci hrubých kalů se nejčastěji používá sedimentace, rotační sedimentace ve vířivé kádi, odstředování nebo filtrace, případně jejich kombinace (Basařová et al. 2010). Při sedimentaci chmelové mláto klesne ke dnu nádoby a čistá mladina je odčerpána nad hranicí sedimentu. Při aplikaci vířivé kádě je v kádi vytvořen vír, který způsobuje, že mláto sedimentuje uprostřed dna nádoby, a mladina je odčerpávána po stranách kádě.

3.4.8 Ochlazení a provzdušnění mladiny

Horkou mladinu je třeba co nejrychleji zchladit na zákvasnou teplotu. K tomu se používají deskové nebo sprchové chladiče. Při použití sprchového chladiče dochází zároveň i k provzdušnění mladiny, zároveň ale při tomto procesu výrazně narůstá riziko kontaminace. Proto jsou v současné době častěji používané deskové chladiče. Dostatečné množství kyslíku v mladině je podmínkou pro pomnožení a metabolismus kvasinek (Basařová et al. 2010) a proto se zchlazená mladina oksyličuje sterilním vzduchem (Kosař & Procházka 2000).

3.5 Způsoby výroby sladiny a mladiny z netradičních surovin

Pro objektivnější porovnání vlastností netradičních surovin využili autoři Wijngaard et al. (2005), Phiarais et al. (2006), Wijngaard et al. (2018), Chawanda et al. (2022) a Ciocan et al. (2023) standardizovaný postup výroby sladiny dle Analytiky EBC 4.5.1. Tento postup se skládá ze tří hlavních částí – vystírání, rmutování a filtrace. Jednotlivé kroky jsou popsány níže.

Vystírání – Do kádinky se vloží 50 g rozemletého sladu a 200 ml vody o teplotě 46 °C. Výsledná teplota směsi by měla být 45 °C

Rmutování – Směs je při teplotě 45 °C udržována po dobu 30 min. Následuje zvýšení teploty na 70 °C rychlostí 1 °C za minutu, což odpovídá době 25 minut. Po dosažení této teploty je do díla přidáno 100 ml vody také o teplotě 70 °C. Tato teplota je udržována, dokud nedojde k úplnému rozštěpení škrobu. Míra rozštěpení škrobu se zjišťuje jodovou zkouškou prováděnou každých 5 minut. Pokud ani po 1 hodině není škrob zcela rozštěpený, další jodové zkoušky se neprovádí a přechází se k dalšímu kroku.

Filtrace – Dílo je doplněno vodou o teplotě 70 °C pro dosažení celkové hmotnosti díla 450 g. Poté se směs filtruje pomocí nálevky a filtračního papíru. Prvních 100 ml permeátu je vráceno do nálevky a filtrováno znovu. Filtrace končí, když je mláto suché nebo po 2 hodinách.

3.5.1 Pohanka

Wijngaard et al. (2006) pracoval na optimalizaci rmutovacího postupu piv ze 100% obsahem sladované pohanky. Uvádí, že rmutovací postup dle EBC 4.5.1 není pro výrobu pohankového piva optimální, protože v něm chybí právě působení nižší rmutovací teploty. Byly provedeny 3 pokusy s různými nižšími teplotami rmutování, a to 65 °C, 67 °C a 69 °C. Jako optimální vyhodnotil teplotu 65 °C. Při této teplotě byl naměřen nejvyšší zkvasitelný extrakt, nejvyšší obsah volných aminokyselin a nejnižší viskozita. Na základě svých experimentů doporučuje pro rmutování 100% pohankového sladu použít infuzní metodu s následujícím postupem: Dílo je zpočátku zahříváno po dobu 15 minut při teplotě 35 °C, následují zahřívání při teplotách 45 °C po dobu 15 minut, 65 °C po dobu 40 minut, 72 °C po dobu 30 minut a 78 °C po dobu 10 minut.

Phiarais et al. (2005) naměřil pH pohankové sladiny 6,3. K tomu dodává, že aby bylo dosaženo příjemnější chuti, lepší stability a lepšího složení mladiny, je nezbytné pH upravit. Filtrace probíhala dobře a korelovala s viskozitou. V závěru studie autor dodává, že po upravení rmutovacího procesu je možné pohanku využít pro výrobu bezlepkového piva.

Ciocan et al. (2023) uvádí, že filtrace pohankové sladiny probíhala více než 10krát pomaleji než u sladiny z ječmene. Dále byla výrazně delší doba zcukření, jodová zkouška i po 90 minutách prokazovala přítomnost škrobu. Na základě provedených pokusů dospěli k výsledku, že optimální výroba pohankového piva je ze 100 % nesladované pohanky s přídavkem 2 % enzymů Termamyl Classic. Pivo bylo dobře hodnoceno senzorickým panelem, mělo dobré fyzikálně-chemické vlastnosti a bylo vyrobeno s nejnižšími náklady.

Deng et al. (2019) popisuje přípravu mladiny pro stanovení vlastností piva uvařeného z ječného sladu a sladu z pohanky tatarské (*Fagopyrum tataricum*) v poměru 80:20 a 60:40. Rmutování bylo provedeno 2 různými postupy. Čtyřstupňové infuzní rmutování bylo zahájeno při teplotě 50 °C a trvalo 20 minut. Ve druhé fázi se teplota zvyšovala na 64 °C s rychlostí nárůstu teploty 1 °C za minutu. Poté dílo 70 minut odpočívalo. Následovalo opět zahřátí na 72 °C. PO 20 minutách následovala poslední fáze, kdy bylo dílo zahříváno při teplotě 78 °C po dobu 10 minut. Druhá metoda přípravy mladiny probíhala tak, že byl nejdříve smíchán pohankový slad s vodou o teplotě 80 °C. Při této teplotě byl udržován po dobu 20 minut a následně byl ochlazen na teplotu pod 50 °C. V tuto chvíli byl do díla přidán ječný slad. Dílo bylo udržováno po dobu 20 minut při teplotě 50 °C. Oba rmutovací postupy dosahovaly srovnatelných hodnot extraktu původní mladiny, obsahu alkoholu a zbytkového cukru. Vliv rmutovacího postupu zásadním způsobem ovlivnil obsah flavonoidů, tj. látek s antioxidačním účinkem. Jedním ze zástupců flavonoidů je rutin, jehož je pohanka bohatým zdrojem. Pivo vyrobené druhým rmutovacím postupem, t.j. s použitím teploty 80 °C obsahovalo přibližně 57násobek rutinu a zhruba dvojnásobek veškerých flavonoidů oproti pivu vyrobenému obvyklým způsobem. U piv s vyšším obsahem pohanky byl zaznamenán nárůst barvy.

3.5.2 Amaranth

De Meo et al. (2011) připravoval mladinu infuzní i dekokční metodou. Při výrobě sladu prováděl máčení s použitím roztoku hydroxidu sodného, jak je popsáno výše v kapitole o výrobě sladu. Zvolené teploty při infuzním způsobu 42 °C, 52 °C, 64 °C, 75 °C a 80 °C byly drženy po dobu 30 min, 30 min, 40 min, 30 min a 5 min. Tyto teploty se liší od doporučených rmutovacích teplot uvedených v Basařové et al. (2010). Dekokční způsob byl jednormutový. 40 % díla bylo zahřáto na teplotu 68 °C. Po smíchání mělo dílo teplotu 42 °C a další postup byl shodný s infuzní metodou. Autor zaznamenal nízkou fermentabilitu oproti pohance, čiroku a quinoe. Při optimalizaci klíčení a použití dekokční metody se fermentabilita zvýšila o 50 %. Dále autor uvádí, že pH amarantového piva bylo vysoké a při dalších experimentech doporučuje jej snížit pro lepší rozklad škrobu.

3.5.3 Quinoa

De Meo et al. (2011) vyráběl pivo i z quino, nicméně ve svém experimentu akcentuje zejména její schopnost klíčit i při nižších teplotách. Při použití optimalizovaného postupu klíčení a infuzního rmutování měla sladina z quino vyšší obsah volného aminodusíku, než bylo předpokládáno, a tudíž i lepší fermentabilitu.

Chawanda et al. (2022) použil při výrobě sladiny postup dle Analytiky EBC 4.5.1. Na konci rmutovacího procesu byl rmut ochlazen na 20 °C během 10–15 minut. Tento postup nebyl optimální z důvodu nízkého extraktu původní mladiny a její vysoké viskozity způsobující pomalou filtraci.

3.5.4 Proso

Sebestyén et al. (2013) vyráběl pivo z ječmene, pohanky a prosa jednormutovou dekokční metodou s přidavkem enzymů. Teploty odděleného rmutu dosahovaly 45, 72 a 100 °C, teplota ve vystírací kádi byla nejprve 45 °C, pak byla zvýšena na 55 °C. Při vrácení odděleného rmutu do díla byla jeho teplota 62 °C. Následně se teplota zvýšila na 72 a 78 °C. I přes přidavek enzymů štěpicích škrob nebylo dosaženo negativní jodové zkoušky a obsah alkoholu byl nízký. Výsledné pivo mělo tmavší barvu a vyšší hořkost oproti ječnému pivu vyrobenému stejným postupem. Prosné pivo obsahovalo 136 mg volného aminodusíku na 1 l mladiny, což je dostatečné pro proces kvašení.

Cela et al. (2022) zkoumal vliv želatinace škrobu při použití nesladovaných zrn. Želatinace prosa probíhala při 65 °C. V porovnání s neželatinovaným prosem nebyly pozorovány žádné pozitivní změny popsané v kapitole 3.4.3 Rmutování. Navíc byl proces želatinace časově i finančně náročný. Oproti např. kukuřici tedy nemá význam provádět želatinaci prosa.

3.5.5 Rýže

Meyer et al. (2014) vařil rýžové pivo. Pro optimalizaci rmutování doporučuje přidavek dihydrátu chloridu vápenatého a kyseliny mléčné pro lepší aktivitu amyláz, kterých je v rýži oproti ostatním plodinám málo. Proces rmutování vycházel z EBC 4.5.1, který byl následně upraven přidáním nižší cukrotrné teploty. Podle jodové zkoušky byla varianta rýže Centauro 1 jediná, u které se podařilo rozštěpit škrob. Scezování i přes relativně nízkou viskozitu v porovnání s ostatními variantami rýže trvalo poměrně dlouho.

3.5.6 Kukuřice

Dle Zwaytická a Berghofera (2009) bylo pivo z kukuřice vyrobeno dvourmutovou dekokční metodou. Dekokční metoda byla zvolena kvůli vyšší teplotě želatinace kukuřičného škrobu. Působení vyšších teplot během dvojitého rmutování se projevilo karamelizací

některých sacharidů a vznikem tmavší barvy sladiny a výraznější chutě. Výsledné pivo mělo světle žlutou barvu a dobrou stabilitu pěny. Chuť byla přirovnávána ke konvenčním pivům.

3.5.7 Čirok

Owuama (1999) uvádí, že při výrobě piva z čirokového sladu lze postupovat třířmutovou dekokční metodou. Rmutování čiroku, kdy druhý a třetí stupeň dosahoval teploty 65 °C a 70 °C a každá teplota byla udržována po dobu 30 minut, vedlo k úplné hydrolýze škrobu. Oproti kontrolnímu vzorku, jež obsahoval pouze ječný slad, mělo čirokové pivo vyšší fermentabilitu, ale nižší obsah dusíkatých látek včetně volných aminokyselin. Při scezování sladiny z čiroku byl průtok výrazně nižší než u ječné sladiny.

Einfalt (2020) vařil pivo z ječného sladu a čirokových vloček v poměru 80:20. Mladinu připravoval infuzní metodou při použití teplot a dob 57 °C 20 min, 63 °C 60 min, 72 °C 15 min a 76 °C 10 min. Chmelovar trval 60 min, chmelení probíhalo ve 2 dávkách. Po vychladnutí byla mladina rozdělena a každý díl byl zakvašen jiným druhem mikroorganismů. Vliv mikroorganismů na kvašení piva bude popsán v této práci v kapitole kvašení.

3.5.8 Oves

Zdaniewicz at al. (2021) vyráběl pivo s 0, 10, 50 a 100% surogací ovesným sladem. Při výrobě sladiny postupovali dle metodiky EBC 4.5.1. Chmelovar trval pouze 60 minut, chmel byl do piva přidán najednou. Použití ovsa neprodlužovalo čas potřebný ke zcukernatění škrobu. Při obsahu ovsa vyšším než 10 % dochází k prodloužení doby filtrace na trojnásobek. Pro zkrácení této doby autor doporučuje přidání enzymů. Extrakt původní mladiny byl u 100% ovesného piva zhruba o 1/3 nižší než u ječmene. Hodnota pH v mladině se zvyšujícím se podílem ovsa mírně klesá a barva výsledného piva dle jednotek EBC stoupá z 5 na 9. Při vyšším podílu ovsa než 50 % dochází k pozorovatelnému zvýšení ztrát mladiny a s tím související snížení obsahu alkoholu.

Klose et al. (2011) navrhuje pro výrobu 100% ovesného piva infuzní způsob rmutování. Nejprve je teplota díla udržována na 45 °C po doby 20 minut. Pomalým ohříváním je teplota zvýšena na 62 °C, tato teplota je držena po dobu 30 minut. Dále se dílo zahřívá na 72 °C, působení teploty je 30 minut, přičemž se průběžně sleduje míra rozkladu škrobu pomocí jodové zkoušky. Po kompletní sacharizaci se dílo zahřeje na odrmutovací teplotu 78 °C. Oproti mladině z ječmene byla zaznamenána vysoká viskozita a s ní spojená delší doba scezování. Zároveň ovesná mladina obsahovala vyšší obsah dusíkatých látek, což způsobilo větší míru zákalu.

3.5.9 Žito

Hubner et al. (2010) ve výrobě žitného piva postupoval v souladu s metodikou EBC 4.5.1. Při výrobě piva ze žita byla zjištěna výrazně vyšší viskozita v porovnání s mladinou

z ječmene nebo pšenice. K podobnému závěru došel i Wang et al. (2018). Proto je v případě průmyslové výroby nutné upravit technologické postupy. Pro snížení viskozity lze upravit podmínky klíčení, jak je již uvedeno v kapitole o výrobě žitného sladu. Optimální podmínky klíčení mají i pozitivní vliv na fermentabilitu, která bývá oproti ječným pivům o 10 % nižší. Žito má vysoký obsah extraktu, více než 80 % (Hubner et al. 2010).

3.6 Kvašení

Cílem kvašení je přeměna sacharidů na alkohol, oxid uhličitý (CO₂) a další látky, které se podílí na chuťovém profilu piva. K takovým látkám se řadí vyšší alkoholy, estery, aldehydy, ketony a látky s obsahem síry (Kosař & Procházka et al. 2000). Tuto látkovou přeměnu zajišťují kvasinky, což jsou jednobuněčné organismy spadající do říše *Funghi*, třídy *Ascomycetes* čeledi *Saccharomycetaceae* podčeledi *Saccharomycoideae*, rodu *Saccharomyces*, druhu *Saccharomyces pastorianus* (kvasinky spodního kvašení) a *Saccharomyces cerevisiae* (kvasinky svrchního kvašení).

Kvasinky se za příznivých podmínek rozmnožují vegetativně (pučením) a za nepříznivých podmínek pohlavně (sporulací). Každá mateřská kvasinka je schopna dokončit až 20 rozmnožovacích cyklů (Kosař & Procházka et al. 2000).

Pro správný vývoj a metabolismus kvasinek je důležité složení mladiny. Ta by měla obsahovat zejména zkvasitelné sacharidy, dále také tuky, vitaminy, aminokyseliny, bílkoviny a anorganické ionty. Metabolismus kvasinek může být narušen přítomností iontů NO₂⁻, které mohou být do piva zaneseny kontaminujícími bakteriemi. Koncentrace alkoholu vyšší než 6 % také inhibuje činnost kvasinek. Dalším inhibátorem kvašení jsou nedostatečně odstraněné zbytky sanitačních prostředků. Při nepříznivých podmínkách kvašení může nastat autolýza kvasinek, což se projevuje výraznou kvasničnou vůní a chutí (Kosař & Procházka 2000).

3.6.1 Kvasinky spodního a svrchního kvašení

Z hlediska optimálních podmínek pro kvašení rozlišujeme kvasinky spodního a svrchního kvašení. Kvasinky obou typů mají rozdílné technologické vlastnosti a vytvářejí různé sensoricky významné látky. Kvasinky svrchního kvašení se používají pro výrobu piva typu ale, porter a stout. Kvasinky spodního kvašení se využívají až od 19. století v pivech plzeňského typu (Kosař & Procházka 2000).

Kvasinky spodního kvašení, tedy *Saccharomyces cerevisiae* subsp. *uvarum carlsbergensis*, potřebují pro svou optimální činnost během hlavního kvašení teplotu 7-15 °C (Basařová et al. 2010). Kvasinky spodního kvašení mají za nepříznivých podmínek nižší schopnost pohlavního rozmnožování. Na konci kvašení tyto kvasinky sedimentují na dně nádoby (Kosař & Procházka 2000).

Kvasinky svrchního kvašení *Saccharomyces cerevisiae* subsp. *cerevisiae* prosperují při vyšších teplotách, obvykle 18-22 °C (Basařová et al. 2010). Kvasinky zkvašují přibližně jen 1/3 rafinosy a na konci kvašení jsou vynášeny pomocí stoupajícího plynu CO₂ na povrch mladiny. V porovnání s kvasinkami spodního kvašení jsou odolnější vůči teplotám a lépe přežívají i v nepříznivých podmínkách (Kosař & Procházka 2000).

Kvasinky jsou schopny existence v aerobním i anaerobním prostředí. Ze začátku kvašení se uplatňují aerobní procesy. Zajištění optimálních živinových podmínek a přístupu kyslíku dává kvasinkám prostor se bouřlivě množit, díky tomu se prosadit a potlačit tak přítomnost nežádoucích mikroorganismů (Basařová et al. 2010). Po vyčerpání zásob kyslíku nastává anaerobní fáze, během které kvasinky vytváří alkohol (Trögl 2013).

3.6.2 Hlavní kvašení

Kvasný proces se skládá z hlavního kvašení a následného dokvašování. Při hlavním kvašení je metabolizována většina zkvasitelného extraktu.

Mezi faktory ovlivňující hlavní kvašení dle Basařové et al. (2010) patří zejména koncentrace mladiny a její složení, použitý kmen kvasinek, jejich dávka a vitalita, teplotní průběh během kvašení, doba kvašení, obsah kyslíku v mladině, typ kvasné nádoby a tlak v průběhu kvašení (hydrostatický a přetlak v případě kvašení v uzavřené nádobě).

Doba trvání hlavního kvašení je závislá na stupňovitosti mladiny (množství extraktu) a na vitalitě kvasinek. Obvykle tento proces trvá 6-10 dní. Dle vizuálního projevu lze kvašení rozdělit na několik fází. V prvních 12-24 h dochází k tzv. zaprašování a projevuje se objevením pěny. Další stádium probíhá od 24 do 36 h od zakvašení a nazývá se nízké bílé kroužky. Pěna je bílá a hustší a začíná tvořit růžice. Ve třetím a čtvrtém dnu nastává období vysokých hnědých kroužků. Pěna je vysoká a zbarvuje se od bílé do hnědé barvy. Hnědá barva pochází od uhynulých kvasinek a kalů. V této fázi dochází k nejintenzivnější fermentaci, a proto i k velké produkci tepla, které musí být odváděno chlazením. Poslední stádium se nazývá propadání. Snižuje se intenzita kvašení a výška pěny. Na konci této fáze na povrchu mladiny zůstává vrstva tmavé pěny, která se nazývá deka. Tu je třeba sesbírat, protože obsahuje látky, které by mohly způsobit nepříjemnou hořkou chuť piva (Kosař & Procházka 2000).

Hlavní kvašení může probíhat v otevřených spilkách nebo uzavřených tancích. Při kvašení ve spilkách je nutné důsledně dbát na dostatečné větrání prostor, aby nedošlo k otravě pracovníků oxidem uhličitým, který vzniká během procesu kvašení (Basařová et al. 2010).

3.6.2.1 Netradiční způsoby kvašení piva

V současné době se objevují i piva kvašená pomocí divokých či nově izolovaných kmenů kvasinek. Tyto kmeny se liší v optimální teplotě během kvašení a chuťovým profilem. Např.

kvasinky Kveik původem z Norska kvasí při teplotě okolo 30 °C (Barret et al. 2022). Einfalt (2020) ve své práci zkoumal průběh kvašení a sensorické vlastnosti ječno-čirokového piva vyrobeného pomocí kvasinek *Saccharomyces cerevisiae*, *Torulaspóra delbrueckii* a *Metschnikowia pulcherrima*. Vyšší preference byly zaznamenány u piva kvašeného pomocí *Torulaspóra delbrueckii*, které mělo sladší chuť díky vyššímu podílu nezpracované maltosy, než pivo kvašeno kvasinkami *Metschnikowia pulcherrima*. Pivo kvašené *Saccharomyces cerevisiae* obsahovalo větší množství vyšších alkoholů, které mají vliv na aroma piva.

Velmi zajímavá je z hlediska kvasných procesů výroba belgických piv typu lambic. Základem je spontánní kvašení, tedy kvašení bez použití kulturních kmenů. Posléze se pivo nechá až 3 roky ležet v dubových sudech. Následně se uleželé pivo míchá s novým, ještě neuleželým pivem pro dosažení požadované chuti (De Ross & De Vuyst 2018). Toto pivo vzniká kombinací činností nejprve *Saccharomyces cerevisiae* a následně činností mikroorganismů rodu *Lactobacillus*, *Brettanomyces* a *Pediococcus* (Dysvik et al. 2020).

3.6.3 Dokvašování

Cílem dokvašování je nasytit pivo optimálním množstvím oxidu uhličitého a dosáhnout požadovaných organoleptických vlastností piva. Dokvašování probíhá při teplotách ve sklepech -2 až 3 °C, dnes hlavně v cylindrokónických tancích (CKT). Během dokvašování dochází i k čiření piva, které má pak vliv i na průběh filtrace, pěnivost, koloidní stabilitu a chuť. Během tohoto procesu se kal usazuje na dně nádoby. Po dobu dokvašování by měl být udržován i konstantní hradicí tlak CO₂, protože při jeho rychlém snižování by mohlo docházet k vynášení kalu ze dna nádoby unikajícím plynem. Dokvašování českých spodně kvašených piv trvá obvykle mezi 21 a 70 dny (Kosař & Procházka 2000).

3.7 Filtrace

Během filtrace se z piva odstraňují zákalotvorné částice, mohou to být např. polyfenolové koloidní částice nebo kvasinky. Cílem tohoto kroku je zvýšit údržnost a trvanlivost piva. Existují 2 základní způsoby oddělování pevné a kapalné fáze piva, sedimentace a filtrace. Sedimentace funguje na principu rozdílné hustoty, kdy těžší složka klesá ke dnu nádrže. Filtrace je proces, kdy kapalina protéká skrz porézní filtrační přepážku. Na ní se zachytává pevná část, která vytváří filtrační vrstvu. Tato vrstva se zvyšuje a filtrace je jemnější a průtok kapaliny se zmenšuje. Větší částice zůstávají ve filtrační vrstvě díky síťovému efektu, menší se zachycují díky elektrostatickému náboji – adsorpční efekt. Pro zvětšení povrchu filtru se používá křemelina, což je hornina tvořená především křemičitými schránkami rozsivek. Dnes tyto horniny tvoří vrstvy silné až několik set metrů. Standardní spotřeba křemeliny se uvádí v rozsahu 120-150 g na 1 hl filtrovaného piva. Povrch 1 g křemeliny je zhruba 20 m² (Kosař & Procházka 2000).

3.8 Metody prodloužení doby trvanlivosti piva

Se zvyšováním produkce a centralizací výroby piva ve velkých pivovarech v průběhu 19. století bylo nutné zajistit delší trvanlivost vyrobeného piva bez negativních změn sensorických vlastností po dobu jeho skladování a přepravy (Basařová et al. 2010).

Základním způsobem prodloužení doby trvanlivosti je kromě filtrace také pasterace. Byla zavedena tzv. pasterační jednotka definována jako pasterační účinek tepla působící při teplotě 60 °C po dobu 60 sekund. V EU se standardně využívá 20-30 pasteračních jednotek. Existují dva základní způsoby pasterace, tunelová a průtoková. Při tunelové pasteraci je ohříváno již stočené pivo v obalu. Výhodou je, že mikroorganismy, které pivo mohly kontaminovat v průběhu stáčení, budou pasterací eliminovány. Používaná teplota při tunelové pasteraci je 61-62 °C. Průtoková pasterace je prováděna při vyšších teplotách, okolo 70 °C. Pivo přichází přímo do styku s tepelným výměníkem. Při pozdržení piva v pasterační lince hrozí přepasterování, které se projevuje chuťovými vadami (Kosař & Procházka 2000).

Mezi alternativní způsoby mikrobiálního ošetření piva lze zařadit účinek vysokého hydrostatického tlaku a pulzního elektrického pole. Jejich hlavními výhodami jsou menší chuťové změny oproti pasteraci a v některých případech i schopnost inaktivace pouze nežádoucích mikroorganismů. Vysoký hydrostatický tlak při této proceduře se pohybuje od 105 až do 900 MPa v závislosti na teplotě a požadovaných účincích. Doba působení vysokého hydrostatického tlaku je v řádu jednotek minut. Nevýhodou je, že při příliš vysokém tlaku dochází k rozpadu stélky a vylití jejího obsahu do piva.

Metoda využívající elektrické pulzní pole působí na membrány buněk. Kvůli rozdílné velikosti bakterií a kvasinek je možné touto metodou eliminovat bakterie, zatímco kvasinky mohou být dále aktivní. Při překročení kritického napětí může dojít k poškození buněčných stěn s následným únikem obsahu buňky do piva (Hanko et al. 2017).

3.9 Kvalitativní parametry

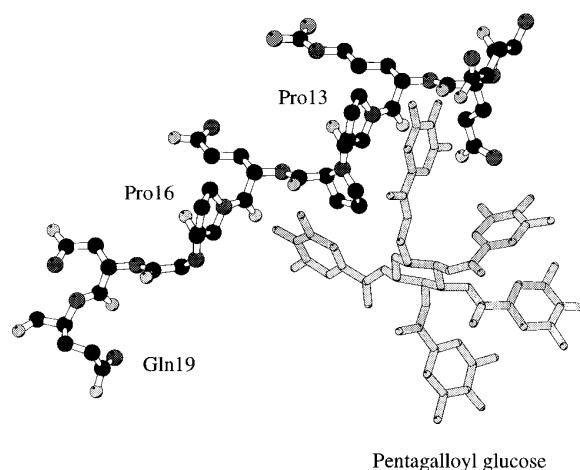
3.9.1 Koloidní stabilita piva

Kvalita piva je hodnocena mnoha parametry. Lze ji posuzovat fyzikálně, chemicky i sensorickým hodnocením. Jedním z faktorů, který má na kvalitu piva vliv, je koloidní stabilita (Škach 1984). Tu lze definovat jako dobu od stočení piva, po které dojde k nárůstu koloidních látek do té míry, že již pivo vykazuje známky zákalu (Dienstbier et al. 2010). Koloidní stabilita piva tedy má zásadní vliv na jeho trvanlivost. V minulosti nebyla požadována tak dlouhá doba trvanlivosti, protože pivo vařené v menších pivovarech se spotřebovalo výrazně rychleji než piva vařená v současné době ve velkých pivovarech, kdy je vyžadována trvanlivost v řádu měsíců především u piv určených na export (Kotlíková et al. 2013).

Koloidy jsou částice o velikosti 1-1000 nm, což jim dává schopnost rozptylovat světlo, čímž způsobují zákal (Dienstbier et al. 2010). Zdrojem těchto látek je slad i chmel (Mikyška et al. 2002). V praxi se jedná o polypeptidy, polyfenoly, sacharidy a minerální látky. Ty samotné ještě nemusí dosahovat koloidních rozměrů, ale působením různých faktorů vznikají mezi těmito látkami komplexy, které dosahují rozměrů potřebných pro rozptyl světla. Koloidy mají taktéž význam pro stabilitu pěny, chuť a vůni (Škach 1984).

Mezi faktory způsobující vznik koloidů jsou např. teplota během skladování, světlo a pohyb kapaliny např. během převozu (Škach 1984).

Klíčovou roli při vzniku koloidních částic v pivu má tvorba komplexů proteinů s polyfenoly (Wang & Ye 2021). Bylo zjištěno, že obzvláště silná schopnost tvořit tyto komplexy je u proteinů osahujících velké množství prolinu. Ukazuje se, že hlavní roli zde hraje hydrofobní interakce fenolového kruhu polyfenolu s pyrrolidinovým reziduem prolinu. Struktury prolinu a polyfenolu a jejich vzájemná interakce jsou zobrazeny na obrázku 4 (Baxter et al. 1997; obr. 4).

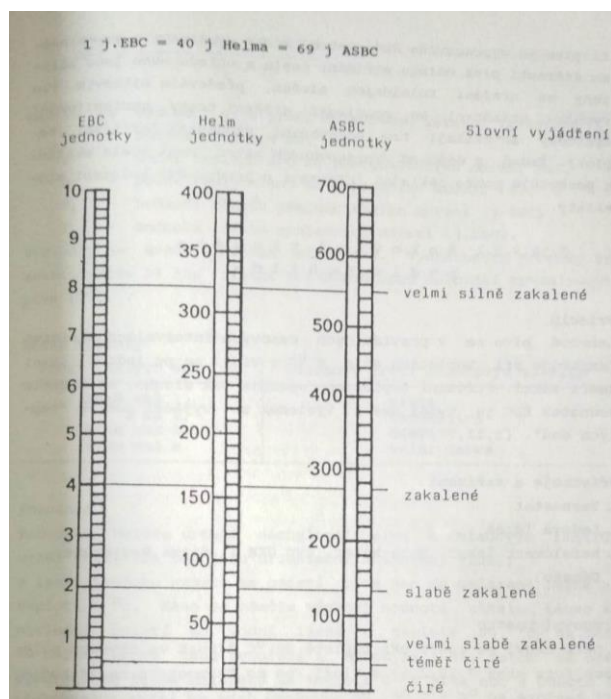


Obrázek 4: Interakce polyfenolu (pentagalloylglukosa) s prolinovým reziduem na části proteinového řetězce (Baxter et al. 1997)

Lepší stability piva je proto možné dosáhnout snížením množství proteinů či polyfenolů. K odstranění polyfenolů lze použít polyvinylpolypyrrolidon (PVPP), látku ve vodě nerozpustnou, která je schopna na sebe vázat polyfenoly. Peptidy lze z piva odstranit pomocí silikagelu, který je dokáže adsorbovat. V obou případech je celý postup zakončen odstraněním PVPP či silikagelu filtrací (Leiper & Miedl 2008).

Koloidní stabilitu lze posuzovat na základě množství zákalu v pivu. Množství zákalu se stanovuje na základě rozptylu světla (nefelometrie) nebo absorbance (turbidimetrie) (Basařová et al. 2010). Množství zákalu lze vyjádřit pomocí několika stupnic. V Evropě se běžně využívají jednotky EBC (European Brewery Convention), v USA jsou častější jednotky ASBC (American Society of Brewing Chemists), občas se používají i jednotky Helm (Dienstbier et al.

2010). Obrázek 5 zachycuje diagram porovnání jednotlivých stupnic zákalu mezi sebou se slovním hodnocením (Basařová et al. 1993).



Obrázek 5: Diagram porovnání různých zákalových stupnic (Basařová et al. 1993)

3.9.2 Barva

Barva piva je obvykle prvním senzoryckým vjemem konzumenta ještě před tím, než se uplatní chuťové a čichové smysly. Barvu ovlivňují suroviny i použitý výrobní proces. Z chemického hlediska se na ní podílí Maillardova reakce, karamelizace a oxidace polyfenolických látek (Basařová et al. 2010). Základní dělení piv podle barvy je na světlá, polotmavá a tmavá. Barva piva se udává v jednotkách EBC nebo °SRM (Kosař & Procházka 2000). Jednotky EBC jsou zavedeny asociací European Brewery Convention, °SRM (Standard Reference Method) používá asociace American Society of Brewing Chemists (Blair 2007).

Metody a postupy měření obou jednotek jsou velmi podobné. Před samotným měřením barvy je nejprve nutno pivo zbavit kalů. Následně se barva stanoví vizuálně s použitím komparátorů nebo objektivně na základě absorbance či pomocí spektrofotometru (Kosař & Procházka 2000; Basařová et al. 2010). Briggs et al. (2004) uvádí, že pro optimální stanovení barvy je vhodné použít světlo s různými vlnovými délkami, ne pouze světlo o vlnové délce 430 nm. Měření probíhá v kyvetách o tloušťce 1 cm (pro jednotky EBC) nebo 0,5 cm (pro °SRM), jako referenční vzorek se používá kyveta naplněná destilovanou vodou. Výsledná číselná hodnota jednotek EBC je pak 25násobek naměřené absorbance. Pro výsledek ve °SRM se absorbance násobí koeficientem 12,7 (Blair 2007; Basařová et al. 2010). V praxi se často používá zjednodušený převod, kdy 1 °SRM odpovídá 2 jednotkám EBC. (Blair 2007) Aproximované stupnice zobrazuje obrázek č. 6.



Obrázek 6: Barva piva ve °SRM a jednotkách EBC po aproximaci (Blair 2007)

Zásadní vliv na barvu piva má slad, ze kterého je pivo uvařeno. Barvy sladů se pohybují na škále od velmi světlých po tmavé. Mezi světlé slady řadíme např. plzeňský slad, jehož barva sladiny dosahuje 3-4 jednotek EBC. Dalším zástupcem světlého sladu je vídeňský slad, jehož mladina dosahuje až 8 jednotek EBC. Světlé slady mají vysokou enzymatickou aktivitu. (Basařová et al. 2010).

Tmavé slady mnichovského typu (tzv. bavorské slady) mají vysoké barvy sladiny, 11-17 jednotek EBC. Tyto slady mají nižší aktivitu enzymů a výrazné aroma. Hvozdění bavorských sladů probíhá při vyšších teplotách, mezi 100-105 °C, a proto mají vyšší podíl produktů Maillardovy reakce (Basařová et al. 2010).

Karamelové slady obsahují velké množství aromatických a barevných látek. Konečná část hvozdění probíhá při teplotách mezi 120 a 180 °C. Takto vysoké teploty zapříčiňují, že jejich enzymatická aktivita je zanedbatelná. Karamelový slad může tvořit 4-8 % sypání. Sladina z karamelových sladů dosahuje 4-130 jednotek EBC v závislosti na teplotě hvozdění (Basařová et al. 2010).

Pro výrobu silně tmavých piv se používají barvicí slady. Hotový světlý slad se navlhčí a následně se praží při teplotě přesahující 200 °C, přitom dochází k postupnému rozkladu škrobu. Během pražení vznikají kromě dextrinů a karamelu i hořké látky. Hořkost tmavého sladu lze snížit mírným navlhčením. Jedním ze zástupců těchto sladů je čokoládový slad, jenž se vyznačuje svíravou nakyslou chutí se sladkými tóny (Basařová et al. 2010).

3.9.3 Chuťové a aromatické látky piva

Tvorba chuťových a aromatických látek je dána zejména odrůdou chmele, dále potom kmenem kvasinek a použitým sladem. Tato práce se soustředí na senzoryicky aktivní látky s původem ve sladu nebo vzniklých v průběhu kvašení. Jedná se o estery, aldehydy, diketony, volné mastné kyseliny a sloučeniny síry.

Estery jsou vonné látky, které se řadí mezi nejdůležitější látky podílející se na chuťových a aromatických vlastnostech nejen piva. Do této skupiny spadá asi 800 látek (Horák et al. 2010). Mezi nejčastější estery v pivu patří ethylacetát (ovocná chuť), isoamylacetát (banány), isobutylacetát (hrušky), ethylkaproát (jablko a anýz) a 2-fenylacetát (růže, med) (Čejka 1997;

Basařová et al. 2010; Ježková 2022). Složení esterů lze účinně ovlivnit kmenem kvasinek, takto se např. dosahuje výrazné banánové chuti některých pšeničných piv (Langos et al. 2013), nebo se jejich množství zvyšuje s intenzitou provzdušňování mladiny, vyšší koncentrací mladiny a vyšší teplotou kvašení (Horák et al. 2010).

Acetaldehyd v pivu vzniká jako vedlejší produkt v prvních dvou dnech kvašení. Posléze jeho koncentrace klesá, protože se přeměňuje na alkohol. Při vystavení piva kyslíku však dochází k oxidaci alkoholu a dochází k opětovnému vzniku acetaldehydu. Pokud při oxidaci piva dojde zároveň i ke kontaminaci některými bakteriemi, acetaldehyd se dále oxiduje na kyselinu octovou. Svou vůní připomíná zrající jablko, nebo rozpouštědla na bázi acetonu. V pivu jde o nežádoucí látku (Kosař & Procházka 2000; Ježková 2022).

Isobutyraldehyd se vyskytuje v obilných slupkách. Do piva vnáší nežádoucí chuť po mokřém obilí a slámě. Vzniká rmutování delším než 2 hodiny nebo použitím nedostatečně odleželého sladu. V nízkých hodnotách se mohou vyskytovat v pivech plzeňského typu, ale v pivech typu ale jsou nepřípustné (Ježková 2022).

Mezi nežádoucí sensorické látky piva patří také některé vicinální (mající funkční skupiny navázané na sousedící atomy uhlíku) diketony. Mezi nejdůležitější zástupce této skupiny patří diacetyl (butan-2,3-dion) a pentan-2,3-dion. Diacetyl v pivu vzniká přirozeně během kvašení a odbourává se ležením. Do piva vnáší chuť po másle nebo máslovém popcornu. Dále může tato vada pocházet z bakteriální kontaminace. Ve velmi nízkých koncentracích může vzbuzovat pocit plnosti piva. Obecně je však jeho přítomnost v pivech hodnocena negativně (Ježková 2022). Práh vnímání této látky se udává mezi 0,1-0,4 ppm a liší se typem piva. Pentan-2,3-dion se projevuje podobnou chutí jako diacetyl, ale navíc je cítit i karamellem. Jeho prahová koncentrace je vyšší, a to mezi 0,9-1,0 ppm (Krogerus & Gibson 2013).

Volné mastné kyseliny jsou produkovány na počátku kvašení, ale bývají dále přeměněny. Jejich obsah dále narůstá při autolýze kvasnic. Projevují se kvasničnou příchutí a mají negativními vlivy na pěnivost (Kosař & Procházka 2000).

Sloučeniny síry vznikají v pivu metabolismem aminokyselin. Při sensorickém hodnocení jsou tyto nežádoucí látky snadno rozpoznatelné i při nízkých koncentracích. Významným zástupcem je dimethylsulfid, který vzniká již v průběhu sladování. Dimethylsulfid je cítit po kukuřici. Pokud je jeho zdrojem slad, dá se odpařit během intenzivního chmelovaru, případně i při kvašení v otevřené spilce. Dále může být dimethylsulfid tvořen divokými kmeny kvasinek nebo bakteriemi (Ježková 2022). Další sirné látky negativně ovlivňující sensorické vlastnosti jsou thioly způsobující letinkovou příchutí. Ta se projevuje konopnou vůní. Letinková chuť souvisí především se světelnou degradací piva, kdy světlo reaguje s vitamínem B2 a α -kyselinami chmele. Největší efekt má světelné záření o vlnové délce 350-500 nm, které odpovídá ultrafialovému záření a modré a zelené barvě. Proto je vhodnější pivo skladovat

v hnědých lahvích nebo neprůsvitných obalech než v zelených lahvích (Škoda et al. 2016, Huml 2022).

Tabulka 3 shrnuje výše uvedené sensoricky významné látky a jejich vůni, případně chuť.

Látka	Vůně/Chuť
Ethylacetát	Ovocná chuť
Isoamylacetát	Banány
Isobutylacetát	Hrušky
Ethylkaproát	Jablko a anýz
2-fenylacetát	Růže, med
Acetaldehyd	Zrající jablko, rozpouštědlo aceton
Isobutyraldehyd	Mokré obilí, sláma
Diacetyl	Máslo, máslový popcorn
Pentan-2,3-dion	Máslo, karamel
Volné mastné kyseliny	Kvasničná příchut'
Dimethylsulfid	Kukuřice
Thioly	Letinková chuť, konopí

Tabulka 3: přehled sensoricky aktivních látek v pivu

3.9.4 Pěnovost

Prvními znaky, které lze na pivu pozorovat jsou jeho barva, čírost a pěna. Hodnocení pivní pěny jako celku je velmi subjektivní a často je ovlivněn oblastí, ze které konzument pochází (Kunze 2004; Evans & Bamforth 2009). Pivní pěnu lze hodnotit v několika kategoriích, jako je její barva, výška, rychlost kolapsu, tvar, velikost bublinek atd. (Šavel & Brož 2006). Tvorbu pěny piva lze fyzikálně popsat jako disperzi plynu v kapalině (Čížková et al. 2006). Základními stavebními kameny pěny jsou plyny, zejména oxid uhličitý, dále vzduch, potažmo dusík, a povrchově aktivní látky piva, tvořící tenký film. Dalšími pěnotvornými látkami jsou hořké chmelové látky a některé kovové kationty (Kosař & Procházka 2000).

Pozitivní vliv na tvorbu a stabilitu pěny piva mají glykoproteiny a hydrofobní bílkoviny s molekulovou hmotností nad 9000. Důležitými zástupci jsou Lipid Transfer Protein a Lipid Binding Proteins, které interagují s lipidy, čímž jim zabraňují v odpěňování (Basařová et al. 2010). Dalším zmiňovaným proteinem v souvislosti s tvorbou pěny je Protein Z. V dostupných zdrojích se však jeho význam na tvorbu pěny liší. Jeho vliv je závislý na charakteru sladu. S rostoucím rozluštěním vliv proteinu Z na pěnovost stoupá (Čížková et al. 2006).

Hořké látky při interakci s bílkovinami budují základ kostry pěny, zvyšují viskozitu a snižují povrchové napětí pěny. Základními látkami jsou iso- α -hořké kyseliny. V průběhu chlazení horké mladiny vznikají jejich oxidované formy, které mají pozitivní vliv na přilnavost pěny. Redukované formy iso- α -hořké kyselin zvyšují hydrofobnost pěny (Čížková et al. 2006).

Kationty manganu, hliníku, hořčíku, vápníku, zinku a mědi ve sladu podporují vznik požadovaných vlastností pěny. Ionty některých kovů (cín, bismut, molybden, nikl a železo) již v malých koncentracích vyvolávají samovolné přepěňování piva, tzv. gushing (Čížková et al. 2006).

Pěnovost lze výrazně ovlivnit výběrem hnacího plynu. Běžně se používají oxid uhličitý, dusík a směs těchto plynů, dříve byl používán i vzduch. Oxid uhličitý zamezuje oxidaci piva. Při malé výtoči se plyn v pivo rozpouští a dochází k přesycení a nárůstu kyselé chuti, což bývá negativně hodnoceno konzumenty (Slabý et al. 2015).

Dusík zamezuje oxidaci, pomáhá uchovat organoleptické vlastnosti a výrazně zvyšuje pěnovost. Dusík je typickým hnacím plynem pro piva typu stout. Při vyšších koncentracích dusíku dochází rychlejšímu úniku přirozeně se vyskytujícího oxidu uhličitého, čímž dochází ke ztrátám řízu (Slabý et al. 2015).

Vzduch jako hnací plyn pěnovost zvyšuje, nicméně převážně z hygienických důvodů se od něj ustupuje. Přípustný je pouze v případě domácího použití, případně velmi rychlé výtoče sudu (do 3 hodin od naražení) (Slabý et al. 2015). Krýsl a Faměra (2003) poukazují na negativa vzduchu jako hnacího plynu, jak z chuťových, tak zdravotních důvodů. Při kontaktu piva s kyslíkem dochází k oxidaci, čímž se mění jeho chuť. Dále může vzduch kontaminovat pivo mikroorganismy, případně zápachy z okolí. Byla prokázána i kontaminace ropnými látkami, které snižovaly pěnovost piva.

V současné době se vzduch jako hnací plyn používá k čepování piva z tzv. bag-in-tanků. Konstrukci těchto tanků tvoří samotné kovové těleso, ve kterém je umístěn plastový vak naplněný pivem. Během čepování je vzduch vháněn kompresorem do prostoru mezi stěnou tanku a vakem, čímž se tlak v tanku zvyšuje a pivo je vytlačováno do výčepní stolice. Výhodou tohoto způsobu čepování je, že pivo nepřichází do kontaktu s jinými plyny, díky čemuž si déle ponechává své vlastnosti z výroby (Lukr CZ a.s. 2023).

Negativní vliv na pěnu mají především lipidy, jejich zástupci v pivu jsou kyselina kaprylová, kapronová a produkty kyseliny linolové. Dalším faktorem zhoršujícím pěnovost jsou proteínázy vylučované kvasinkami, které štěpí pěnotvorné bílkoviny (Basařová et al. 2010). Významně zhoršit stabilitu a vzhled pěny může i špatně umytá mastná sklenice, do které je pivo servírováno (Šulc & Bojas 2018).

3.9.5 Senzorické hodnocení piv z netradičních surovin

Buiatti et al. (2017) se zaměřil ve své studii na koloidní stabilitu bezlepkových piv vařených z prosa, amarantu, pohanky a merlíku, přičemž při výrobě sladu bylo použito obyčejné a alkalické máčení. Chladový zákal byl stanoven po 1, 3 a 6 měsících skladování. Nebylo prokázáno, že by alkalické máčení ovlivňovalo koloidní stabilitu. Lepších výsledků při alkalickém máčení po 6 měsících skladování dosahovalo proso a pohanka. Naopak tradiční způsob máčení prospíval amarantu a quinoe. Významný rozdíl v tvorbě zákalu mezi jednotlivými způsoby máčení byl zaznamenán u pohanky, kde rozdíl činil 5,5 jednotek EBC ve prospěch tradičního máčení ve vodě. Ze zkoumaných plodin byla nejvíce náchylná na tvorbu zákalu quinoa s rozdílem 12 jednotek EBC mezi 1 a 6 měsíci skladování. Naopak nejmenší zákal byl naměřen u prosa.

Hosseini et al. (2012) podrobil chemické analýze nealkoholický perlivý nápoj na bázi piva s různým obsahem ječného a ovesného sladu. Výroba nápoje probíhala podobně jako výroba piva do fáze výroby mladiny. Následně byl nápoj karbonizován pomocí pevného oxidu uhličitého (CO₂) a poté pasterován. Po 6 měsících skladování docházelo mezi nápoji s poměrem ječného a ovesného sladu 100:0, 75:25, 50:50 a 25:75 k nárůstu zákalu vždy o cca 5 jednotek EBC se vzrůstajícím obsahem ovesného sladu. U nápoje se 100% obsahem ovesného sladu byl sledován nárůst zákalu o 10 jednotek EBC oproti poměru 25:75.

Ciocan et al. (2023) vyráběl piva s různým obsahem pohanky ve sladované i nesladované podobě. Jako kontrolní vzorek sloužilo pivo se 100% obsahem ječného sladu. Barva kontrolního vzorku dosahovala pouze 3,3 jednotek EBC. Pokud je obsah pohankového sladu 50-70 % a zbytek tvoří nesladovaná forma, barva se pohybuje okolo 7,8 jednotek EBC. Pokud bylo pivo uvařeno pouze z nesladované pohanky, dosáhla barva hodnoty 8,4 jednotek EBC. Phiarais et al. (2005) taktéž uvádí, že barva pohankového piva je tmavší než ječného. Zdůvodňuje to tím, že zrno pohanky je tmavší než ječné zrno.

Zweytick & Berghofer (2009) hodnotí amarantové pivo jako silně zakalené se žlutou barvou.

Cela et al. (2023) se zabýval výrobou piva z ječmene, čiroku a quinoe. 60 % vždy tvořil ječmen, zbylých 40 % tvořil čirok a quinoa v nesladované podobě v různém poměru. V potaz byla také brána délka peptonizační pauzy, aby došlo k co nejvýraznějšímu snížení obsahu lepku. Barva piv se pohybovala od 13,7 do 16,4 jednotek EBC, přičemž tmavších barev dosahovala piva s vyšším obsahem quinoe. Délka peptonizační pauzy ve většině případů přispívala ke zvýšení barvy, tento trend však nelze jednoznačně potvrdit.

Rýžová sladina, použitá ve studii od Mayer et al. (2014), měla velmi světlou barvu v rozsahu 1,7-2,7 jednotek EBC. Velmi světle žlutou barvu má i rýžové pivo Sadhiar vyráběné v severovýchodní oblasti Indie. Toto pivo kvasí díky přidání rostlin, na kterých žijí kvasinky. Kvašení trvá 2-3 dny (Ghosh et al. 2019).

Poreda et al. (2014) při výrobě piva používal kukuřičný šrot, kterým nahrazoval 10 a 20 % ječného sladu. S přidavkem každých 10 % kukuřičného šrotu klesla barva mladiny o 1 EBC. Dle autora je snížení barvy důsledkem nižšího obsahu bílkovin, což vede k inhibici Maillardovy reakce. Pro zvýšení barvy piva na požadovanou hodnotu autor doporučuje použít karamelový slad. Dále však zdůrazňuje, že světlejší barva mladiny vařené tradičním způsobem je ukazatelem správného technologického provedení a dobré kvality piva. Světlou barvu kukuřičného piva potvrzuje Zweytick a Berghofer (2009).

Odibo et al. (2002) vyráběl piva z nesladovaného čiroku. Porovnával mezi sebou 2 světlé odrůdy. Odrůdy se vzájemně lišily obsahem dusíkatých látek, přičemž barva piva s vyšším obsahem dusíku dosahovala 4 jednotek EBC. U piva z odrůdy s nižším obsahem dusíku byla naměřena hodnota 3,5 EBC. Světlejší barvu autor vysvětluje méně intenzivní Maillardovou reakcí, na čemž se shoduje se studií, kterou vypracoval Poreda et al. (2014)

Ciocan et al. (2023) porovnával pivo z pohanky, čiroku a jejich kombinace 1:1. Obecně nejpříjemnější bylo pivo obsahující oba slady. Nejlepší hodnocení získalo v kategoriích chuť, vůně, pocit v ústech a nasycenost. U čirokového piva byla vysoce hodnocena barva a celkový vzhled. Pohankové pivo bylo hodnoceno nejhůře, zejména zaostávalo v barvě a vzhledu.

Deželak et al. (2014) prováděl senzoričnou analýzu pohankového a quinoového piva. Pohankové pivo se příliš nelišilo od tradičních piv. Pivo z quinoy bylo téměř černé s naředlou pěnou. Vyznačovalo se oříškovou a svíravou chutí. Z hlediska chemického složení mělo pivo z quinoy výrazně vyšší obsah acetaldehydu a ethylacetátu a výrazně méně isoamylacetátu oproti pohankovému pivu. Autor doporučuje pohankové pivo jako nápoj ke zvláštním příležitostem.

Yorke et al. (2021) prováděl senzoričnou hodnocení piv z ječného sladu a nesladovaných obilnin, konkrétně ječmene, pšenice, rýže a kukuřice. Pokus byl pro každou obilninu prováděn ve 2 variantách, kdy bylo obilninou nahrazeno 30 a 60 % ječného sladu. Jablečná chuť se nejvíce projevila v rýžovém pivu s vyšší surogací. Rýžové pivo s nižší surogací bylo cítit po kukuřici. Obě varianty rýžového piva byly cítit po mokřém obilí.

Klose et al. (2011) porovnávala senzoričnou parametry ovesného a ječného piva. Ovesné pivo mělo mírně tmavší barvu. Jako velký nedostatek byla hodnocena nízká pěnovost ovesného piva daná vysokým obsahem lipidů a vysokou aktivitou proteáz. Z chemického hlediska bylo ovesné pivo chudší na obsah aromatických látek, ale i tak v něm byly cítit maliny, borůvky a jogurt.

Závěr

Tradiční výroba sladu z ječmene zůstává základem pro většinu pivovarů kvůli svým osvědčeným metodám a spolehlivým výsledkům. Netradiční suroviny jsou zatím z hlediska pivovarství málo probádané a u většiny z nich ještě nebyl nalezen optimální postup zpracování. Tato práce nabízí přehled netradičních surovin a jejich využití na výrobu sladu, mladiny a piva.

V této práci byly identifikovány technologické problémy, které obnáší výroba piva z netradičních surovin. Při výrobě sladiny ze sladované pohanky, ovsa a rýže byla uváděna nízká schopnost štěpení polysacharidů bez přidání enzymatických látek. Dalším problémem, který autoři uváděli, byla vysoká viskozita sladiny a mladiny, což negativně ovlivňovalo proces scezování a filtrace. Jako velice problematická se projevila výroba sladu a piva z rýže. Kvůli dlouhým molekulám škrobu a malému množství vlastních enzymů byla zjištěna velice nízká výtěžnost extraktu a vysoká viskozita. Při přidání enzymatických látek bylo uváděno nebezpečí degradace bílkovin, nutných pro vznik pěny. Proto byla výroba piva pouze z rýže označována jako velice obtížná. Obdobné problémy vykazoval i postup výroby sladu z ovsa. Byl uváděn nízký výtěžek mladiny a dlouhá doba scezování. Navíc vysoký obsah lipidů a vysoká aktivita proteáz způsobovaly nízkou pěnivost ovesného piva. Naproti tomu velice výhodné parametry z hlediska technologie výroby piva vykazovalo žito. Autoři uváděli vysoký obsah škrobu i enzymatických látek a rychlé vstřebávání vlhkosti zrnem. Viskozita byla hodnocena jako nízká. Byla uvedena možnost využití žita pro výrobu karamelového sladu použitím vyšších teplot při hvozdění. Rovněž u amarantu a kukuřice proběhlo scezování bez problémů. Ve většině experimentů byly netradiční suroviny použity společně s ječným sladem v různých poměrech. Suroviny se přidávaly ve sladované i nesladované podobě především s cílem ovlivnit senzorické vlastnosti piva. Některé suroviny prokázaly vliv i na technologické postupy. Například přídavek 10 % nesladovaného amarantu zlepšil postup kvašení díky vysokému obsahu iontů hořčíku, vápníku a zinku.

V rámci této práce byly sledovány i senzorické vlastnosti piv vyrobených z netradičních surovin. Nejvíce údajů bylo získáno o barvě piv. Mezi nejsvětější piva se řadila piva z kukuřice a rýže. Nejtmavší barvu uváděli autoři u piva z quinoj a čiroku. Nesladovanou pohanku autoři doporučovali přidávat do bezlepkových piv pro jejich tmavší barvu. Nízká koloidní stabilita byla zjištěna u piva z ovsa, pohanky a quinoj. Nejmenší zákal byl naměřen u piva z prosa. U piv z netradičních surovin byly poměrně často zmiňovány chuťové a čichové vady. Zejména rýžové pivo vykazovalo chuť vlhkého obilí, u některých variant i přítomnost jablečné a kukuřičné chuti.

Některé netradiční suroviny popsané v této práci neobsahují lepek, což je významné pro celiaky, nezanedbatelnou část potenciálních konzumentů piva. Konkrétně jde o pohanku, amarant, quinoj, prosa, rýži a kukuřici. Rýže není pro výrobu piva vhodná. Ostatní suroviny budou i nadále předmětem vědeckého zkoumání. Pro výrobu bezlepkového piva je nutné zvýšit obsah amylolytických enzymů, což je podmíněno dalším výzkumem v oblasti alternativních surovin.

4 Literatura

2024. [jodová zkouška]. In: VLTAVOTÝNSKÉ PIVO LEŽÁK FRANCEK. *Vltavotýnské pivo Ležák Francek* [online]. [cit. 2024-04-21]. Dostupné z: <https://www.tourdebier.cz/francek/unorovy-maerzen-kontinual/>

ADDOLORATO, Giovanni, Lorenzo LEGGIO, Anna FERRULLI, Giovanni GASBARRINI, Antonio GASBARRINI, ALCOHOL RELATED DISEASES STUDY GROUP a Antonio GASBARRINI, 2009. Beer Affects Oxidative Stress Due to Ethanol: A Preclinical and Clinical Study. In: *Beer in Health and Disease Prevention*. Elsevier, s. 459-466. ISBN 9780123738912. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-373891-2.00044-4

AGUILAR, Julio, Alberto Claudio MIANO, Jesús OBREGÓN, José SORIANO-COLCHADO a Gabriela BARRAZA-JÁUREGUI, 2019. Malting process as an alternative to obtain high nutritional quality quinoa flour. *Journal of Cereal Science* [online]. **90** [cit. 2023-02-22]. ISSN 07335210. Dostupné z: doi:10.1016/j.jcs.2019.102858

AKPOGHELIE, Patrick Othuke, Great Iruoghene EDO a Evidence AKHAYERE, 2022. Proximate and nutritional composition of beer produced from malted sorghum blended with yellow cassava. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* [online]. **45** [cit. 2023-02-22]. ISSN 18788181. Dostupné z: doi:10.1016/j.bcab.2022.102535

Analytica EBC: 4.5.1 Extract of malt: Congress mash. Belgie: European Brewery Convention, 2004.

ANIL, D., Sreedhar SIDDI, M. Venkata RAMANA, P. Spandana BHATT a G. SREENIVAS, 2022. Influence of Different Weather Parameters and Dates of Sowings on Growth and Yield of Pre-released Rice (*Oryza sativa* L.) Cultures. *International Journal of Bio-resource and Stress Management*. 2022-07-31, **13**(7), 757-764. ISSN 09763988. Dostupné z: doi:10.23910/1.2022.2909

ARENDR, Elke K. a Emanuele ZANNINI, 2013. Oats. In: *Cereal Grains for the Food and Beverage Industries* [online]. Elsevier, 243-283e [cit. 2024-04-26]. ISBN 9780857094131. Dostupné z: doi:10.1533/9780857098924.243

BAMFORTH, Charles W., 2002. Nutritional aspects of beer—a review. *Nutrition Research*. **22**(1-2), 227-237. ISSN 02715317. Dostupné z: doi:10.1016/S0271-5317(01)00360-8

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

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

BAUM, Bernard, 2006. *Avena sativa*. *Consortium of Midwest Herbaria* [online]. U.S.A.: Consortium of Midwest Herbaria [cit. 2023-03-06]. Dostupné z: <https://www.midwestherbaria.org/portal/taxa/index.php?taxon=705>

BAXTER, E. Denise a Paul S. HUGHES, 2001. *Beer: Quality, Safety and Nutritional Aspects* [online]. Cambridge: The Royal Society of Chemistry. ISBN 0-8 5404-58 8-0.

BAXTER, Nicola J., Terence H. LILLEY, Edwin HASLAM a Michael P. WILLIAMSON, 1997. Multiple Interactions between Polyphenols and a Salivary Proline-Rich Protein Repeat Result in Complexation and Precipitation. In: *Biochemistry* [online]. 1997-05-01, s. 5566-5577 [cit. 2023-03-05]. ISSN 0006-2960. Dostupné z: doi:10.1021/bi9700328

BENEŠOVÁ, Karolína, Sylvie BĚLÁKOVÁ, Renata MIKULÍKOVÁ a Zdeněk SVOBODA, 2017. Aktivita proteolytických enzymů v průběhu sladování a výroby piva. *Kvasný Průmysl*. 2017-2-15, **63**(1), 2-7. ISSN 00235830. Dostupné z: doi:10.18832/kp201701

BLAIR, Jen, 2007. Approximate beer colour chart. In: BLAIR, Jen. *Under the Jenfluence* [online]. [cit. 2024-04-24]. Dostupné z: <https://underthejenfluence.beer/beer-vocabulary/2017/1/19/srm-vs-ebc>

BLAIR, Jen, 2007. SRM vs. EBC. BLAIR, Jen. *Under the Jenfluence* [online]. [cit. 2024-04-24]. Dostupné z: <https://underthejenfluence.beer/beer-vocabulary/2017/1/19/srm-vs-ebc>

BRENES, Juan Carlos, Georgina GÓMEZ, Dayana QUESADA, et al., 2021. Alcohol Contribution to Total Energy Intake and Its Association with Nutritional Status and Diet Quality in Eight Latina American Countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health* [online]. **18**(24) [cit. 2023-02-18]. ISSN 1660-4601. Dostupné z: doi:10.3390/ijerph182413130
BRIGGS, Dennis, 1998. *Malts and malting*. London: Blackie Academic & Professional. ISBN 0-412-29800-7.

BRITTON, A. The relation between alcohol and cardiovascular disease in Eastern Europe: explaining the paradox. *Journal of Epidemiology & Community Health*. **54**(5), 328-332. ISSN 0143005X. Dostupné z: doi:10.1136/jech.54.5.328

BUIATTI, Stefano, 2009. Beer Composition: An Overview. In: *Beer in Health and Disease Prevention*. Elsevier, s. 213-225. ISBN 9780123738912. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-373891-2.00020-1

BUIATTI, Stefano, Stefano BERTOLI a Paolo PASSAGHE, 2018. Influence of gluten-free adjuncts on beer colloidal stability. *European Food Research and Technology*. **244**(5), 903-912. ISSN 1438-2377. Dostupné z: doi:10.1007/s00217-017-3010-3

CIOCAN, Marius Eduard, Rozália Veronika SALAMON, Ágota AMBRUS, Georgiana Gabriela CODINĂ, Ancuța CHETRARIU a Adriana DABIJA, 2023. Use of Unmalted and Malted Buckwheat in Brewing. *Applied Sciences*. **13**(4). ISSN 2076-3417. Dostupné z: doi:10.3390/app13042199

CIOCAN, Marius Eduard, Rozália Veronika SALAMON, Ágotha AMBRUS, Georgiana Gabriela CODINĂ, Ancuța CHETRARIU a Adriana DABIJA, 2023. Brewing with buckwheat and sorghum: impact on beer quality. *Scientific Study & Research - Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry*. **24**(3), 219-232.

ČEJKA, Pavel, 1997. Faktory ovlivňující senzorycké vlastnosti piva. *Kvasný Průmysl*. 1997-6-1, **43**(6), 167-173. ISSN 00235830. Dostupné z: doi:10.18832/kp1997012

ČERNÝ, Ladislav, 2007. *Jarní sladovnický ječmen: pěstitelský rádce*. Praha: Kurent. ISBN 978-80-87111-04-8.

ČESKÝ SVAZ PIVOVARŮ A SLADOVEN, 2024. Seznam členů. ČESKÝ SVAZ PIVOVARŮ A SLADOVEN. *Český svaz pivovarů a sladoven* [online]. [cit. 2024-04-23]. Dostupné z: <https://ceske-pivo.cz/seznam-clenu>

ČÍŽKOVÁ, Hana, Pavel DOSTÁLEK, Jaromír FIALA a Irena KOLOUCHOVÁ, 2006. Význam bílkovin z hlediska pěnivosti a stability pěny piva. *Chemické listy*. Česká společnost chemická, **100**(7), 478-485. Dostupné také z: http://chemicke-listy.cz/docs/full/2006_07_478-485.pdf

ČÍŽKOVÁ, Hana, Pavel HOFTA, Irena KOLOUCHOVÁ a Pavel DOSTÁLEK, 2005. Význam aminokyselin v pivovarství a nové postupy jejich stanovení. *Kvasný Průmysl*. 2005-2-1, **51**(2), 47-51. ISSN 00235830. Dostupné z: doi:10.18832/kp2005003

DABIJA, Adriana, Marius Eduard CIOCAN, Ancuta CHETRARIU a Georgiana Gabriela CODINĂ, 2021. Maize and Sorghum as Raw Materials for Brewing, a Review. *Applied Sciences*. **11**(7), 24. ISSN 2076-3417. Dostupné z: doi:10.3390/app11073139

DABIJA, Adriana, Marius Eduard CIOCAN, Ancuța CHETRARIU a Georgiana Gabriela CODINĂ, 2022. Buckwheat and Amaranth as Raw Materials for Brewing, a Review. *Plants* [online]. **11**(6) [cit. 2023-02-28]. ISSN 2223-7747. Dostupné z: doi:10.3390/plants11060756

DE LA BARCA, Ana María Calderón, María Elvira ROJAS-MARTÍNEZ, Alma Rosa ISLAS-RUBIO a Francisco CABRERA-CHÁVEZ, 2010. Gluten-Free Breads and Cookies of Raw and Popped Amaranth Flours with Attractive Technological and Nutritional Qualities. *Plant Foods for Human Nutrition*. **65**(3), 241-246. ISSN 0921-9668. Dostupné z: doi:10.1007/s11130-010-0187-z

DE MEO, Bruno, Gary FREEMAN, Ombretta MARCONI a Cris BOOER, 2011. Behaviour of Malted Cereals and Pseudo-Cereals for Gluten-Free Beer Production. *Journal of the Institute of Brewing*. **117**(4), 541-546. ISSN 00469750. Dostupné z: doi:10.1002/j.2050-0416.2011.tb00502.x

DE ROOS, Jonas a Luc DE VUYST, 2018. Microbial acidification, alcoholization, and aroma production during spontaneous lambic beer production. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2018-08-06, **99**(1), 25-38. ISSN 0022-5142. Dostupné z: doi:10.1002/jsfa.9291

DENG, Yang, Juho LIM, Gang-Hee LEE, Thi Thanh Hanh NGUYEN, Yang XIAO, Meizi PIAO a Doman KIM, 2019. Brewing Rutin-Enriched Lager Beer with Buckwheat Malt as Adjuncts. *Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2019-6-28, **29**(6), 877-886. ISSN 1017-7825. Dostupné z: doi:10.4014/jmb.1904.04041

DEŽELAK, Matjaž, Martin ZARNKOW, Thomas BECKER a Iztok Jože KOŠIR, 2014. Processing of bottom-fermented gluten-free beer-like beverages based on buckwheat and quinoa malt with chemical and sensory characterization. *Journal of the Institute of Brewing*. **120**(4), 360-370. ISSN 00469750. Dostupné z: doi:10.1002/jib.166

DEŽELAK, Matjaž, Martin ZARNKOW, Thomas BECKER a Iztok Jože KOŠIR, 2014. Processing of bottom-fermented gluten-free beer-like beverages based on buckwheat and quinoa malt with chemical and sensory characterization. *Journal of the Institute of Brewing*. **120**(4), 360-370. ISSN 00469750. Dostupné z: doi:10.1002/jib.166

DIENSTBEIR, Miroslav, Petr SLADKÝ a Pavel DOSTÁLEK, 2010. Metody předpovědi koloidní stability piva. *Chemické listy*. **104**(2), 86-92.

DOSTÁLEK, Pavel, Igor HOCHÉL, Enrique MÉNDEZ, Alberto HERNANDO a Dana GABROVSKÁ, 2006. Immunochemical determination of gluten in malts and beers. *Food Additives and Contaminants*. **23**(11), 1074-1078. ISSN 0265-203X. Dostupné z: doi:10.1080/02652030600740637

DYSVIK, Anna, Sabina Leanti LA ROSA, Gert DE ROUCK, Elling-Olav RUKKE, Bjørge WESTERENG, Trude WICKLUND a Danilo ERCOLINI, 2020. Microbial Dynamics in Traditional and Modern Sour Beer Production. *Applied and Environmental Microbiology*. 2020-07-02, **86**(14), e00566-20. ISSN 0099-2240. Dostupné z: doi:10.1128/AEM.00566-20

EDNEY, M.J. a M.S. IZYDORCZYK, 2003. MALT | Malt Types and Products. In: *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. 2nd. Elsevier, s. 3671-3677. ISBN 978-0-12-227055-0. Dostupné z: doi:10.1016/B0-12-227055-X/00730-6

EINFALT, Daniel, 2021. Barley-sorghum craft beer production with *Saccharomyces cerevisiae*, *Torulaspora delbrueckii* and *Metschnikowia pulcherrima* yeast strains. *European Food Research and Technology*. **247**(2), 385-393. ISSN 1438-2377. Dostupné z: doi:10.1007/s00217-020-03632-7

EL HAZZAM, Khadija, Jawhar HAFSA, Mansour SOBEH, Manal MHADA, Moha TAOURIRTE, Kamal EL KACIMI a Abdelaziz YASRI, 2020. An Insight into Saponins from Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd): A Review. *Molecules* [online]. **25**(5) [cit. 2024-04-26]. ISSN 1420-3049. Dostupné z: doi:10.3390/molecules25051059

EVANS, D. Evan a Charles W. BAMFORTH, 2009. Beer foam: achieving a suitable head. In: *Beer*. Elsevier, s. 1-60. ISBN 9780126692013. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-669201-3.00001-4

FOOD DATA CENTRAL. *Alcoholic beverage, beer, regular, all* [online]. U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 2019 [cit. 2024-04-22]. Dostupné z: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/168746/nutrients>

FOSTER, Barret, Caroline TYRAWA, Emine OZSAHIN, Mark LUBBERTS, Kristoffer KROGERUS, Richard PREISS a George VAN DER MERWE, 2022. Kveik Brewing Yeasts Demonstrate Wide Flexibility in Beer Fermentation Temperature Tolerance and Exhibit Enhanced Trehalose Accumulation. *Frontiers in Microbiology* [online]. 2022-3-16, **13** [cit. 2023-03-16]. ISSN 1664-302X. Dostupné z: doi:10.3389/fmicb.2022.747546

FOX, Glen, 2018. Starch in Brewing Applications. In: *Starch in Food*. Elsevier, s. 633-659. ISBN 9780081008683. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-08-100868-3.00016-0

GABROVSKÁ, Dana, Ilona HÁLOVÁ, Diana CHRPOVÁ, et al., 2015. *Obiloviny v lidské výživě* [online]. Praha: Potravinářská komora České republiky, Česká technologická platforma pro potraviny [cit. 2024-04-26]. Publikace České technologické platformy pro potraviny. ISBN 978-80-88019-07-7. Dostupné z: <https://sch.vscht.cz/wp-content/uploads/obiloviny-v-lidske-vyzive-zamereni-na-lepek.pdf>

GARCÍA-PARRA, Miguel, Andrés ZURITA-SILVA, Roman STECHAUNER-ROHRINGER, Diego ROA-ACOSTA a Sven-Erik JACOBSEN, 2020. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and its relationship with agroclimatic characteristics: A Colombian perspective. *Chilean journal of agricultural research*. **80**(2), 290-302. ISSN 0718-5839. Dostupné z: doi:10.4067/S0718-58392020000200290

GONCALVES, A., B. CLAGGETT, P. S. JHUND, et al., 2015. Alcohol consumption and risk of heart failure: the Atherosclerosis Risk in Communities Study. *European Heart Journal*. 2015-04-14, **36**(15), 939-945. ISSN 0195-668X. Dostupné z: doi:10.1093/eurheartj/ehu514

GOŇI, Isabel, M. Elena DÍAZ-RUBIO a Fulgencio SAURA-CALIXTO, 2009. Dietary Fiber in Beer: Content, Composition, Colonic Fermentability, and Contribution to the Diet. In: *Beer in Health and Disease Prevention*. Elsevier, s. 299-307. ISBN 9780123738912. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-373891-2.00028-6

HANKO, Vojtěch, Aleš POTĚŠIL, Václav POTĚŠIL, Jakub NEŠPOR, Marcel KARABÍN, Lukáš JELÍNEK a Pavel DOSTÁLEK, 2017. Alternativní metody pro zvýšení trvanlivosti nefiltrovaných piv v minipivovarech. *Kvasný Průmysl*. 2017-12-15, **63**(6), 298-306. ISSN 00235830. Dostupné z: doi:10.18832/kp201729

HE, Yuanyuan, Yanfei CAO, Shanfeng CHEN, Chengye MA, Dongliang ZHANG a Hongjun LI, 2018. Analysis of flavour compounds in beer with extruded corn starch as an adjunct. *Journal of the Institute of Brewing*. **124**(1), 9-15. ISSN 00469750. Dostupné z: doi:10.1002/jib.474

HERNÁNDEZ-QUIROZ, Fernando, Khemlal NIRMALKAR, Loan Edel VILLALOBOS-FLORES, et al., 2020. Influence of moderate beer consumption on human gut microbiota and its impact on fasting glucose and β -cell function. *Alcohol*. **85**, 77-94. ISSN 07418329. Dostupné z: doi:10.1016/j.alcohol.2019.05.006

HORÁK, Tomáš, Jiří ČULÍK, Vladimír KELLNER, Marie JURKOVÁ, Pavel ČEJKA, Danuša HAŠKOVÁ a Josef DVOŘÁK, 2010. Analysis of Selected Esters in Beer: Comparison of Solid-Phase Microextraction and Stir Bar Sorptive Extraction. *Journal of the Institute of Brewing*. **116**(1), 81-85. ISSN 00469750. Dostupné z: doi:10.1002/j.2050-0416.2010.tb00402.x

HOSSEINI, Ebrahim, Mahdi KADIVAR a Mohammad SHAHEDI, 2012. Physicochemical Properties and Storability of Non-alcoholic Malt Drinks Prepared from Oat and Barley Malts. Online. *Journal of Agricultural Science and Technology*. **14**(1), 173-182.

HÜBNER, Florian, Beatus D. SCHEHL, Kurt GEBRUERS, Christophe M. COURTIN, Jan A. DELCOUR a Elke K. ARENDT, 2010. Influence of germination time and temperature on the properties of rye malt and rye malt based worts. *Journal of Cereal Science*. **52**(1), 72-79. ISSN 07335210. Dostupné z: doi:10.1016/j.jcs.2010.03.005

HUML, Adam. Pivní vady: letinka. PIVOVAR ZICHOVEC. *Rodinný pivovar Zichovec* [online]. 2022 [cit. 2024-04-03]. Dostupné z: <https://pivovarzichovec.cz/o-pivu/pivni-vady-letinka/>

CHAWANDA, Esther Tatenda, Shepherd MANHOKWE, Talknice Z. JOMBO, Desmond T. MUGADZA, Michael NJINI, Pepukai MANJERU a Daniel COZZOLINO, 2022. Optimisation of Malting Parameters for Quinoa and Barley: Application of Response Surface Methodology. *Journal of Food Quality* [online]. 2022-6-25, **2022**, 1-12 [cit. 2024-04-26]. ISSN 1745-4557. Dostupné z: doi:10.1155/2022/5279177

ILTIS, Hugh H., 1996. ZEA L. *Internet Archive* [online]. [cit. 2023-03-02]. Dostupné z: http://www.herbarium.usu.edu/treatments/Zea.htm#Zea_perennis

JANOVSKÁ, Dagmar, Jana KALINOVÁ a Anna MICHALOVÁ, 2008. *Metodika pěstování pohanky obecné v ekologickém a konvenčním zemědělství*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby. ISBN 978-80-7427-000-0.

JEŽKOVÁ, Klára, 2022. *Snifair: Sensory flavour set*. Říčany u Brna.

KLÍR, Jan, 2021. Další bezlepkové pivo z čiroku Ruzrok. *VÚRV: Výzkumný ústav rostlinné výroby* [online]. Praha: VÚRV [cit. 2023-03-14]. Dostupné z: <https://www.vurv.cz/2021/10/24/dalsi-pivo-z-ciroku-ruzrok/>

KLOSE, Christina, Alexander MAUCH, Sascha WUNDERLICH, Frithjof THIELE, Martin ZARNKOW, Fritz JACOB a Elke K. ARENDT, 2011. Brewing with 100% Oat Malt. *Journal of the Institute of Brewing*. **117**(3), 411-421. ISSN 00469750. Dostupné z: doi:10.1002/j.2050-0416.2011.tb00487.x

KLOSE, Christina, Beatus D. SCHEHL a Elke K. ARENDT, 2009. Fundamental study on protein changes taking place during malting of oats. *Journal of Cereal Science*. **49**(1), 83-91. ISSN 07335210. Dostupné z: doi:10.1016/j.jcs.2008.07.014

KORDIALIK-BOGACKA, Edyta, Paulina BOGDAN a Aneta CIOSEK, 2019. Effects of quinoa and amaranth on zinc, magnesium and calcium content in beer wort. *International Journal of Food Science & Technology*. **54**(5), 1706-1712. ISSN 0950-5423. Dostupné z: doi:10.1111/ijfs.14052

KORDIALIK-BOGACKA, Edyta, Paulina BOGDAN, Katarzyna PIELECH-PRZYBYLSKA a Dorota MICHAŁOWSKA, 2018. Suitability of unmalted quinoa for beer production. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. **98**(13), 5027-5036. ISSN 00225142. Dostupné z: doi:10.1002/jsfa.9037

KOSAŘ, Karel a Stanislav PROCHÁZKA, 2000. *Technologie výroby sladu a piva*. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský. ISBN 80-902658-6-3.

KOTLÍKOVÁ, Blanka, Lukáš JELÍNEK, Marcel KARABÍN a Pavel DOSTÁLEK, 2013. Prekurzory a vnik koloidního zákalu piva. *Chemické listy*. **107**(5), 362-367.

KRAJSKÁ HYGIENICKÁ STANICE OSTRAVA, 2024. Alkohol a zdraví. KRAJSKÁ HYGIENICKÁ STANICE. *Krajská hygienická stanice* [online]. [cit. 2024-04-26]. Dostupné z: www.khsova.cz/homepage/zdravi2020-detail/12608

KROGERUS, Kristoffer a Brian R. GIBSON, 2013. 125 th Anniversary Review: Diacetyl and its control during brewery fermentation. *Journal of the Institute of Brewing*. **119**(3), 86-97. ISSN 00469750. Dostupné z: doi:10.1002/jib.84

KUNZE, Wolfgang, 2004. *Technology brewing and malting*. 3rd ed. Berlin: VLB. ISBN 39-216-9049-8.

LANGOS, Daniel, Michael GRANVOGL a Peter SCHIEBERLE, 2013. Characterization of the Key Aroma Compounds in Two Bavarian Wheat Beers by Means of the Sensomics Approach. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2013-11-27, **61**(47), 11303-11311. ISSN 0021-8561. Dostupné z: doi:10.1021/jf403912j

LEIPER, Kenneth A. a Michaela MIEDL, 2009. Colloidal stability of beer. In: *Beer*. Elsevier, s. 111-161. ISBN 9780126692013. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-669201-3.00004-X

LUKR CZ A.S, 2023. Pivní vaky. LUKR. *Lukr* [online]. [cit. 2024-04-23]. Dostupné z: <https://www.lukr.cz/pivni-vaky/>

LYUMUGABE, François, Jacques GROS, John NZUNGIZE, Emmanuel BAJYANA a Philippe THONART, 2012. Characteristics of African traditional beers brewed with sorghum malt: A review. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*. **16**(4), 509-530. ISSN 1370-6233.

MANFUL, John T. a Seth GRAHAM-ACQUAAH, 2016. African Rice (*Oryza glaberrima*): A Brief History and Its Growing Importance in Current Rice Breeding Efforts. In: *Encyclopedia of Food*

Grains. Elsevier, s. 140-146. ISBN 9780123947864. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-394437-5.00016-4

MARLEY a BLUDICE, 2024. Piva s přísadou kukuřice. *Pivníci* [online]. 2011-2024 [cit. 2024-04-23]. Dostupné z: <https://www.pivnici.cz/piva-s-prisadou/kukurice/>

MARLEY a BLUDICE, 2024. Piva s přísadou merlík chilský (quinoa). *Pivníci* [online]. 2011-2024 [cit. 2024-04-23]. Dostupné z: <https://www.pivnici.cz/piva-s-prisadou/merlik-chilsky-quinoa/dle-abecedy/>

MARLEY a BLUDICE, 2024. Piva s přísadou pohanka. *Pivníci* [online]. 2011-2024 [cit. 2024-04-23]. Dostupné z: <https://www.pivnici.cz/piva-s-prisadou/pohanka/>

MARLEY a BLUDICE, 2024. Piva s přísadou proso. *Pivníci* [online]. 2011-2024 [cit. 2024-04-23]. Dostupné z: <https://www.pivnici.cz/piva-s-prisadou/proso/>

MARLEY a BLUDICE, 2024. Pivní styl ovesné pivo. *Pivníci* [online]. 2011-2024 [cit. 2024-04-23]. Dostupné z: <https://www.pivnici.cz/piva-pivniho-stylu/ovesne-pivo/>

MARLEY a BLUDICE, 2024. Skupina piv - žitné pivo. *Pivníci* [online]. 2011-2024 [cit. 2024-04-23]. Dostupné z: <https://www.pivnici.cz/piva-pivni-charakteristiky/zitne-pivo/>

MAYER, Heidi, Dayana CECCARONI, Ombretta MARCONI, Valeria SILEONI, Giuseppe PERRETTI a Paolo FANTOZZI, 2016. Development of an all rice malt beer: A gluten free alternative. *LWT - Food Science and Technology*. **67**, 67-73. ISSN 00236438. Dostupné z: doi:10.1016/j.lwt.2015.11.037

MAYER, Heidi, Ombretta MARCONI, Gian Franco REGNICOLI, Giuseppe PERRETTI a Paolo FANTOZZI, 2014. Production of a Saccharifying Rice Malt for Brewing Using Different Rice Varieties and Malting Parameters. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2014-06-11, **62**(23), 5369-5377. ISSN 0021-8561. Dostupné z: doi:10.1021/jf501462a

DLAMINI, Zodwa, Zukile MBITA a Lindiwe SKHOSANA, 2009. Maize Beer Carcinogenesis: Molecular Implications of Fumonisin, Aflatoxins and Prostaglandins. In: *Beer in Health and Disease Prevention*. Elsevier, s. 651-656. ISBN 9780123738912. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-373891-2.00066-3

MICHEL, Rudolph H., Patrick E. MCGOVERN a Virginia R. BADLER, 1993. The First Wine & Beer. *Analytical Chemistry*. 1993-04-15, **65**(8), 408A-413A. ISSN 0003-2700. Dostupné z: doi:10.1021/ac00056a734

MIKYŠKA, A., M. HRABÁK, D. HAŠKOVÁ a J. ŠROGL, 2002. The Role of Malt and Hop Polyphenols in Beer Quality, Flavour and Haze Stability. *Journal of the Institute of Brewing*. **108**(1), 78-85. ISSN 00469750. Dostupné z: doi:10.1002/j.2050-0416.2002.tb00128.x

MOUDRÝ, Jan, 2005. *Pohanka a proso*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací. ISBN 80-7271-162-8.

NEWSBERRY, Sydne et al., 2018, *Sodium and Potassium Intake: Effects on Chronic Disease Outcomes and Risks*. 1. Agency for Healthcare Research and Quality.

NOVOTNÝ, Petr, 2015. Schéma dvourmutového postupu. In: NOVOTNÝ, Petr. *Diversity* [online]. [cit. 2024-04-21]. Dostupné z: <http://www.diversity.beer/2015/12/proces-1-dil-rmutovani.html>

NOVOTNÝ, Petr, 2015. Schéma infuzního rmutování. In: NOVOTNÝ, Petr. *Diversity* [online]. [cit. 2024-04-21]. Dostupné z: <http://www.diversity.beer/2015/12/proces-1-dil-rmutovani.html>

OWUAMA, Chikezie I., 1999. Brewing Beer with Sorghum. *Journal of the Institute of Brewing*. **105**(1), 23-34. ISSN 00469750. Dostupné z: doi:10.1002/j.2050-0416.1999.tb00002.x

PADRO, Teresa, Natàlia MUÑOZ-GARCÍA, Gemma VILAHUR, Patricia CHAGAS, Alba DEYÀ, Rosa ANTONIJOAN a Lina BADIMON, 2018. Moderate Beer Intake and Cardiovascular Health in Overweight Individuals. *Nutrients* [online]. **10**(9) [cit. 2024-03-26]. ISSN 2072-6643. Dostupné z: doi:10.3390/nu10091237

PAULETTE, Tate, 2020. Fermentation in Ancient Mesopotamia, Beer, Bread and More Beer. In: DUNN, Rob, Micah VANDEGRIFT, Karen CICCONE, et al., ed. *Fermentology* [online]. North Carolina State University Libraries, 2020-05-01 [cit. 2024-04-26]. Dostupné z: doi:10.52750/285595

PAVSLER, Andrea a Stefano BUIATTI, 2009. Non-lager Beer. In: *Beer in Health and Disease Prevention*. Elsevier, s. 17-30. ISBN 9780123738912. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-373891-2.00002-X

PHIARAIS, Blaise P. Nic, Hilde H. WIJNGAARD a Elke K. ARENDT, 2018. Kilning Conditions for the Optimization of Enzyme Levels in Buckwheat. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*. **64**(4), 187-194. ISSN 0361-0470. Dostupné z: doi:10.1094/ASBCJ-64-0187

PHIARAIS, Blaise Patricia Nic, Hilde Henny WIJNGAARD a Elke Karin ARENDT, 2005. The Impact of Kilning on Enzymatic Activity of Buckwheat Malt. *Journal of the Institute of Brewing*. **111**(3), 290-298. ISSN 00469750. Dostupné z: doi:10.1002/j.2050-0416.2005.tb00685.x

POREDA, Aleksander, Agata CZARNIK, Marek ZDANIEWICZ, Marek JAKUBOWSKI a Piotr ANTKIEWICZ, 2014. Corn grist adjunct - application and influence on the brewing process and beer quality. *Journal of the Institute of Brewing*. **120**(1), 77-81. ISSN 00469750. Dostupné z: doi:10.1002/jib.115

PROVÁDĚCÍ NAŘÍZENÍ KOMISE: o požadavcích na poskytování informací o nepřítomnosti či sníženém obsahu lepku v potravinách spotřebitelům, 2014. In: . EU: Evropská komise, ročník 2014, 828/2014. Dostupné také z: <https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=32014R0828>

SCANLIN, L. a K.A. LEWIS, 2017. Quinoa as a Sustainable Protein Source. In: *Sustainable Protein Sources*. Elsevier, s. 223-238. ISBN 9780128027783. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-802778-3.00014-7

SEBESTYÉN, A., Zs. KISS, B. VECSERI-HEGYES, G. KUN-FARKAS a Á. HOSCHKE, 2013. Experiences with laboratory and pilot plant preparation of millet and buckwheat beer. *Acta Alimentaria*. **42**(Supplement 1), 81-89. ISSN 0139-3006. Dostupné z: doi:10.1556/AAlim.42.2013.Suppl.10

SLABÝ, Martin, Jana OLŠOVSKÁ a Pavel ČEJKA, 2015. Vliv tlačného média na obsah plynů v pivu a na senzorycké vlastnosti piva. *Kvasný Průmysl*. 2015-6-1, **61**(6), 186-194. ISSN 00235830. Dostupné z: doi:10.18832/kp2015020

BRITANNICA, 2023. Sorghum. *Britannica* [online]. Chicago: The Britannica Group [cit. 2023-03-06]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/plant/sorghum-grain>

SORRELLS, M. E. a Steve R. SIMMONS, 1992. Influence of Environment on the Development and Adaptation of Oat. In: MARSHALL, H. G. a M. E. SORRELLS, ed. *Oat Science and Technology*. Madison, WI, USA: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, 1992-01-01, s. 115-163. Agronomy Monographs. ISBN 9780891182252. Dostupné z: doi:10.2134/agronmonogr33.c5

ŠAVEL, Jan a Adam BROŽ, 2006. Měření pěnivosti piva. *Kvasný Průmysl*. 2006-10-1, **52**(10), 314-318. ISSN 00235830. Dostupné z: doi:10.18832/kp2006026

ŠKACH, Josef, 1984. Současný pohled na koloidní stabilitu piva. *Kvasný Průmysl*. 1984-4-1, **30**(4), 73-78. ISSN 00235830. Dostupné z: doi:10.18832/kp1984014

ŠKODA, Jakub, Petr GABRIEL a Miroslav DIENSTBIER, 2016. Světelná degradace piva a tvorba letinkové příchuti. *Chemické listy*. Česká společnost chemická, **110**(2), 112-117. ISSN 1213-7103. Dostupné také z: <http://www.chemicke-listy.cz/ojs3/index.php/chemicke-listy/article/view/231/231>

ŠULC, Radek a Jiří BOJAS, 2018. Beer foam decay 2 content: effect of glass surface quality and CO₂ content. *EPJ Web of Conferences* [online]. **180** [cit. 2024-04-26]. ISSN 2100-014X. Dostupné z: doi:10.1051/epjconf/201818002101

TRÖGL, Josef, 2013. Biotechnologie- fermentace. In: *Fakulta životního prostředí-UJEP* [online]. Ústí nad Labem: Univerzita Jana Evangelisty Purkyně [cit. 2023-03-16]. Dostupné z:

https://moodle.fzp.ujep.cz/pluginfile.php/6291/mod_resource/content/0/05Fermentace.pdf

VALDEZ, Lidio M., 2006. Maize Beer Production in Middle Horizon Peru. *Journal of Anthropological Research*. **62**(1), 53-80. ISSN 0091-7710. Dostupné z: doi:10.3998/jar.0521004.0062.103

Vyhláška č. 248/2018 Sb.: Vyhláška o požadavcích na nápoje, kvasný ocet a droždí, 2023. In: *Zákony pro lidi* [online]. AION CS [cit. 2023-02-18]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2018-248>

WANG, Yin a Lingzhen YE, 2021. Haze in Beer: Its Formation and Alleviating Strategies, from a Protein–Polyphenol Complex Angle. *Foods* [online]. **10**(12) [cit. 2023-03-05]. ISSN 2304-8158. Dostupné z: doi:10.3390/foods10123114

WANG, Yujuan, Zhao JIN, John BARR, James GILLESPIE, Senay SIMSEK, Richard HORSLEY a Paul SCHWARZ, 2018. Micro-Malting for the Quality Evaluation of Rye (*Secale cereale*) Genotypes. *Fermentation* [online]. **4**(3) [cit. 2023-03-08]. ISSN 2311-5637. Dostupné z: doi:10.3390/fermentation4030050

WIJNGAARD, H. H., H. M. ULMER a E. K. ARENDT, 2018. The Effect of Germination Time on the Final Malt Quality of Buckwheat. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*. **64**(4), 214-221. ISSN 0361-0470. Dostupné z: doi:10.1094/ASBCJ-64-0214

WIJNGAARD, H.H. a E.K. ARENDT, 2006. Optimisation of a Mashing Program for 100% Malted Buckwheat. *Journal of the Institute of Brewing*. **112**(1), 57-65. ISSN 00469750. Dostupné z: doi:10.1002/j.2050-0416.2006.tb00708.x

WIJNGAARD, H.H., H.M. ULMER, M. NEUMANN a E.K. ARENDT, 2005. The Effect of Steeping Time on the Final Malt Quality of Buckwheat. *Journal of the Institute of Brewing*. **111**(3), 275-281. ISSN 00469750. Dostupné z: doi:10.1002/j.2050-0416.2005.tb00683.x

YORKE, Joanna, David COOK a Rebecca FORD, 2021. Brewing with Unmalted Cereal Adjuncts: Sensory and Analytical Impacts on Beer Quality. *Beverages* [online]. **7**(1) [cit. 2024-04-26]. ISSN 2306-5710. Dostupné z: doi:10.3390/beverages7010004

ZARNKOW, Martin, M. KESSLER, F. BURGERG, S. KREISZ a W. BACK, 2005. *Gluten-free beer from malted cereals and pseudocereals*. Prague, Czech Republic: Proceedings of the 30th European Brewery Convention.

ZARNKOW, Martin, Andrea FALTERMAIER, Werner BACK, Martina GASTL a Elke K. ARENDT, 2010. Evaluation of different yeast strains on the quality of beer produced from malted proso millet (*Panicum miliaceum* L.). *European Food Research and Technology*. **231**(2), 287-295. ISSN 1438-2377. Dostupné z: doi:10.1007/s00217-010-1268-9

ZDANIEWICZ, Marek, Aneta PATER, Aleksandra KNAPIK a Robert DULIŃSKI, 2021. The effect of different oat (*Avena sativa* L) malt contents in a top-fermented beer recipe on the brewing process performance and product quality. *Journal of Cereal Science* [online]. **101** [cit. 2023-03-29]. ISSN 07335210. Dostupné z: doi:10.1016/j.jcs.2021.103301

ZHU, Fan, 2015. Structures, physicochemical properties, and applications of amaranth starch. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2015-04-22, **57**(2), 313-325. ISSN 1040-8398. Dostupné z: doi:10.1080/10408398.2013.862784

ZIMOLKA, Josef, 2006. *Ječmen - formy a užitkové směry v České republice*. Praha: Profi Press. ISBN 8086726-18-5.

ZWEYTICK, Gernot a Emmerich BERGHOFER, 2009. Production of Gluten-Free Beer. In: GALLAGHER, Eimear, ed. *Gluten-Free Food Science and Technology*. Oxford, UK: Wiley-Blackwell, 2009-05-15, s. 181-199. ISBN 9781444316209. Dostupné z: doi:10.1002/9781444316209.ch10