

Sladování atypických surovin pro výrobu piva

Daniela Fišerová

Bakalářská práce
2025



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2024/2025

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Daniela Fišerová
Osobní číslo: T22209
Studijní program: B0721A210002 Technologie a hodnocení potravin
Specializace: Technologie potravin
Forma studia: Prezenční
Téma práce: Sladování atypických surovin pro výrobu piva

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část:

Vypracujte literární rešerši týkající se následujících bodů:

Specifikujte trendy výroby piva s atypickými slady a surogáty sladu.

Vysvětlete výhody a nevýhody použití atypických sladů a surogátů sladu.

Základní postupy výroby piva.

II. Praktická část:

Vyrobte modelové vzorky.

Provedte vybrané analýzy.

Výsledky diskutujte a vyvodte závěry.

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- [1] BLACK, Kirsty, Andrew BARNETT, Athina TZIBOULA-CLARKE, Philip J. WHITE, Pietro P.M. IANNETTA a Graeme WALKER, 2019. Faba bean as a novel brewing adjunct: Consumer evaluation. *Journal of the Institute of Brewing* [online]. **125**(3), 310–314 [cit. 2024-05-01]. ISSN 00469750. Dostupné z: doi:10.1002/jib.568
- [2] BASAŘOVÁ, Gabriela, Jan ŠAVEL, Petr BASAŘ, Pavlína BASAŘOVÁ a Adam BROŽ, 2021. *Pivovarství: teorie a praxe výroby piva*. Vydání druhé, přepracované, doplněné a aktualizované. Praha: Havlíček Brain Team. ISBN 978-80-87109-71-7.
- [3] ROMANO, Giuseppe, Maria TUFARIELLO, Nadia CALABRISO, et al., 2023. Pigmented cereals and legume grains as healthier alternatives for brewing beers. *Food Bioscience* [online]. **52** [cit. 2024-05-01]. ISSN 22124292. Dostupné z: doi:10.1016/j.fbio.2023.102463
- [4] GASIŃSKI, Alan a Joanna KAWA-RYGIELSKA, 2024. Assessment of green lentil malt as a substrate for gluten-free beer brewing. *Scientific Reports* [online]. **14**(1) [cit. 2024-05-01]. ISSN 2045-2322. Dostupné z: doi:10.1038/s41598-023-50724-x

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Eva Lorencová, Ph.D.**
Ústav technologie potravin

Datum zadání bakalářské práce: **1. ledna 2025**
Termín odevzdání bakalářské práce: **16. května 2025**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

Ing. Robert Gál, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 28. února 2025

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění bez ohledu na výsledek obhajoby;
- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- jedno vyhotovení bakalářské práce v listinné podobě bude ponecháno Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně k uložení;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – bakalářskou práci – nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá; neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji, že

- jsem na bakalářské práci pracoval(a) samostatně a použitou literaturu jsem řádně citoval(a); v případě publikace výsledků budu uveden(a) jako spoluautor;
- odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne

.....
podpis autora

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá vybranými atypickými slady (čočkovým a fazolovým sladem) při výrobě nápojů na bázi piva. Byly vyrobeny modelové vzorky netradičního piva s různými podíly luštěninových sladů (0, 10, 25, 50 % (w/w)), které byly podrobeny vybraným analýzám (pH, TDS, refraktometrická sušina, obsah alkoholu, hustota, barva, zákal) v důležitých fázích výroby (fáze mladiny před zakvašením, vzorky po fázi hlavního kvašení a ve fázi zralého piva). Hotové výrobky s/bez přísadků luštěninových sladů byly také sensoricky hodnoceny.

Optickými metodami, chemickou a fyzikálně-chemickou analýzou byly sledovány změny hodnot související s množstvím přísadky luštěninového sladu a průběhem fermentace jednotlivých vzorků. S rostoucími přísadkami luštěninových sladů došlo ke zvýšení zákalu a k omezeným změnám barvy hotového piva. Malé změny byly také zaznamenány u pH a TDS v mladině mezi vzorky bez a s přísadkami atypických sladů. Refraktometrická sušina a hustota vzorků mladiny klesala s rostoucími přísadkami luštěninových sladů. Vysoké koncentrace přísadků atypických sladů negativně ovlivňovaly nejen množství alkoholu, ale také hustotu. Vyšší obsah alkoholu vykazovaly vzorky s nižšími koncentracemi luštěninových sladů. V rámci sensorického hodnocení vzorků bylo zjištěno, že piva s přísadkou čočkového sladu byla pro hodnotitele přijatelná i při vyšších koncentracích, zatím co piva s přísadkou fazolového sladu byla hodnocena obecně negativně. Lze však konstatovat, že experimentální výroba pивních vzorků s přísadkou luštěninových sladů vedla k rozvoji nových chuťových profilů. Výrobky obsahující luštěninové slady, zvláště ty z čočky, vykazují potenciál pro využití při vývoji alternativních piv se sníženým obsahem lepku a se zvýšenou surovinovou udržitelností.

Klíčová slova: slad, slady z netradičních surovin, trendy v pivovarnictví, výroba piva

ABSTRACT

This bachelor's thesis focuses on selected atypical malts (lentil and bean malts) used in the production of beer-based beverages. Model samples of unconventional beer were produced with varying proportions of legume malts (0, 10, 25, 50% (w/w)), and these were subjected to selected analyses (pH, TDS, refractometric dry matter, alcohol content, density, color, turbidity) at key stages of production (wort stage before fermentation, post-primary fermentation, and mature beer stage). Finished products with and without the addition of legume malts were also evaluated through sensory analysis.

Optical methods, as well as chemical and physicochemical analyses, were used to monitor changes in values related to the amount of legume malt added and the fermentation process of the individual samples. Increasing additions of legume malts resulted in higher turbidity and limited changes in the color of the final beer. Minor changes in pH and TDS were also observed in the wort between samples with and without the addition of atypical malts. The refractometric dry matter and density of wort samples decreased with increasing additions of legume malts. High concentrations of atypical malts negatively affected not only the alcohol content but also the density. Samples with lower concentrations of legume malts exhibited higher alcohol content.

In the sensory evaluation of the samples, it was found that beers with the addition of lentil malt were acceptable to the panel even at higher concentrations, whereas beers with the addition of bean malt were generally rated negatively. However, it can be concluded that the experimental production of beer samples with legume malt additions led to the development of new flavor profiles. Products containing legume malts, especially those made from lentils, show potential for use in the development of alternative beers with reduced gluten content and improved raw material sustainability.

Keywords: malt, malts from non-traditional sources, brewing trends, beer production

Touto cestou bych chtěla poděkovat všem, kteří přispěli k realizaci této bakalářské práce. Především bych ráda poděkovala vedoucí mé bakalářské práce paní Ing. Evě Lorencové za odborné vedení, pomoc, cenné připomínky v průběhu vypracování této práce, ochotu věnovat mi čas, a především za trpělivost, že nade mnou nezlomila hůl. Její profesionální přístup a podpora mě motivovaly to v průběhu nevzdat. Velké poděkování patří také mé rodině a mým blízkým, za jejich nevyčerpatelnou trpělivost, podporu, pochopení a víru ve chvílích, kdy mi docházel čas, energie, motivace (i kofein). Bez vás bych tyto řádky nikdy nenapsala.

„Ne každé zrno je ječmen – a přesto z něj může vzniknout skvělé pivo.“

OBSAH

ÚVOD	13
I TEORETICKÁ ČÁST	15
1 SLAD	16
1.1 SPECIFIKACE SLADU Z VYHLÁŠKY	16
1.2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ SLADŮ A JEHO DRUHY	16
1.2.1 Druhy sladů	19
2 SLADY Z NETRADIČNÍCH SUROVIN	24
2.1 SLADY Z PSEUDOObILOVIN A ALTERNATIVNÍCH OBILNIN	25
2.2 VHODNÉ LUSKOVINY PRO VÝROBU SLADŮ	27
2.3 SUROGACE SLADŮ	32
2.3.1 Škrobnaté náhražky sladu	32
2.3.2 Cukerné náhražky sladu	33
2.4 VÝHODY A NEVÝHODY POUŽITÍ ATYPICKÝCH SLADŮ A SUROGÁTŮ	34
3 MODERNÍ PIVOARNICTVÍ A TRENDY VE VÝROBĚ	35
3.1 BEZLEPKOVÁ PIVA	35
3.2 NEALKOHOLICKÁ PIVA	36
3.3 OCHUCENÁ PIVA	36
3.4 BYLINNÁ PIVA A PIVA S PŘÍDAVKY KOŘENÍ	37
3.5 PIVA S PŘÍDAVKEM LUŠTĚNIN	38
4 VÝROBA PIVA	39
4.1 SUROVINY PRO VÝROBU PIVA	39
4.1.1 Slad	39
4.1.2 Chmel	39
4.1.3 Voda	40
4.1.4 Pivovarské kvasinky	40
4.2 TECHNOLOGIE VÝROBY PIVA	41
II PRAKTICKÁ ČÁST	46
5 CÍLE PRÁCE	47
6 METODIKA PRÁCE	48
6.1 CHARAKTERISTIKA MODELOVÝCH VZORKŮ	48
6.2 MATERIÁL A METODY	48
6.2.1 Suroviny pro výrobu piva z ječného sladu	48
6.2.2 Suroviny pro výrobu piv z čočkového a fazolového sladu	48
6.2.3 Přístroje a pomůcky	49
6.3 VÝROBA MODELOVÝCH VZORKŮ PIV S LUŠTĚNINOVÝMI SLADY	49

6.3.1	Postup přípravy sladu z čočky a fazolí	50
6.3.2	Postup výroby modelových vzorků pív s luštěninovými slady	50
6.3.3	Postup výroby modelového vzorku piva z ječného sladu	51
6.4	FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÉ METODY ANALÝZY.....	51
6.4.1	Stanovení pH.....	52
6.4.2	Stanovení TDS	52
6.4.3	Stanovení refraktometrické sušiny	52
6.4.4	Stanovení hustoty a obsah etanolu	52
6.5	STANOVENÍ TURBIDIMETRICKÉHO ZÁKALU	52
6.6	STANOVENÍ BARVY (SPEKTROFOTOMETRICKÁ METODA).....	53
6.7	SENZORICKÁ ANALÝZA	53
7	VÝSLEDKY A DISKUZE	54
7.1	VYHODNOCENÍ CHEMICKÝCH A FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÝCH METOD	54
7.1.1	Vyhodnocení pH modelových vzorků pív	54
7.1.2	Výsledky TDS modelových vzorků pív	58
7.1.3	Vyhodnocení refraktometrické sušiny modelových vzorků pív	60
7.2	VYHODNOCENÍ HUSTOTY A OBSAHU ETANOLU	62
7.3	VYHODNOCENÍ TURBIDIMETRICKÉHO ZÁKALU MODELOVÝCH VZORKŮ PIV	67
7.4	VYHODNOCENÍ STANOVENÍ BARVY.....	69
7.5	VYHODNOCENÍ SENZORICKÉ ANALÝZY	71
	ZÁVĚR.....	76

ÚVOD

V posledních letech lze v pivovarském průmyslu pozorovat rostoucí trend diverzifikace produktového portfolia, jehož cílem je lépe reagovat na měnící se preference a požadavky spotřebitelů. Pivovary stále častěji usilují o zavádění inovativních výrobků, které se odlišují nejen chuťovým profilem, ale také nutričními vlastnostmi a složením surovin (Bogdan & Kordialik–Bogacka, 2017). Významnou roli v tomto kontextu hrají netradiční nebo tzv. atypické suroviny, které se začínají uplatňovat už při výrobě sladu a následně při výrobě speciálních pivních stylů. Jejich použití je motivováno nejen snahou o senzorické obohacení výsledného produktu, ale také úsilím o zvýšení jeho nutriční hodnoty či vývoj produktů vhodných pro osoby s dietními omezeními, například bezlepkových piv (Basařová, 2010; Mikyška et al., 2015; Steiner et al., 2012). Mezi nejčastěji využívané alternativní suroviny v této oblasti patří rýže, čirok, kukuřice či pseudoobiloviny, jako je pohanka nebo amarant (Zarnkow et al., 2007; Mayer et al., 2016).

Sladování netradičních rostlinných surovin představuje specifickou technologickou výzvu, neboť tyto materiály často vykazují odlišné enzymatické a chemické vlastnosti ve srovnání s klasickým ječmenem. Přesto se ukazuje, že správně zpracované alternativní slady mohou být technologicky využitelné v pivovarské výrobě a nabídnout nové možnosti z hlediska chuti, výživy i surovinové udržitelnosti (Kunze, 2014; Narziss a Back, 2009). V tomto kontextu lze považovat luštěniny – konkrétně hrách, čočku nebo fazole – za málo prozkoumaný, avšak perspektivní směr výzkumu. Tyto rostliny jsou přirozeně bezlepkové, mají vysoký obsah bílkovin a obsahují řadu bioaktivních látek s potenciálním přínosem pro zdraví (Duranti, 2006; Carbonaro et al., 2012).

Tato bakalářská práce se proto zaměřuje na sladování vybraných luštěnin (čočka a fazole) a jejich aplikaci při výrobě modelových pivních vzorků. Cílem práce je především experimentální ověření použitelnosti těchto luštěninových sladů v pivovarské technologii, a to s ohledem na základní fyzikálně-chemické parametry, senzorické vlastnosti a celkovou technologickou proveditelnost výroby. V rámci experimentální části byly připraveny pivní vzorky s různými podíly čočkového a fazolového sladu (0 %, 10 %, 25 % a 50 % (w/w)). Ve všech variantách byl použit shodný výrobní postup, včetně enzymatické úpravy pomocí přípravků Saczyme PLUS a Thermamyl SC DC, které jsou určeny k zajištění dostatečné rozložitelnosti škrobu a zlepšení výtěžnosti mladiny. Proměnnými faktory byla pouze příprava jednotlivých sladů (rozdíl v teplotě a času při máčení, klíčení a hvozdění použitých luštěnin) a podíl luštěninového sladu mezi jednotlivými vzorky.

Hlavním přínosem této práce je rozšíření znalostí o možnostech využití luštěnin v pivovarské praxi, neboť v dostupné odborné literatuře dosud nebyla této problematice věnována dostatečná pozornost. Vedle samotné výroby a hodnocení modelových vzorků byly cílem práce také analýzy vybraných kvalitativních parametrů (např. pH, TDS, obsah alkoholu, zákal, barva) a jejich změn během jednotlivých fází fermentace a zrání piva. Výsledky mohou sloužit jako výchozí bod pro další aplikovaný výzkum v oblasti netradičních sladů a vývoje speciálních pivních produktů.

I TEORETICKÁ ČÁST

1 SLAD

Slad je esenciální surovina, která byla v pivu obsažena již před chmelem. Pomocí sladu dostává pivo svoji charakteristickou barvu a chuť. Množství sladu stanovuje stupňovitost neboli obsah alkoholu ve výrobku (Novotný, 2017). Slad je během výroby piva hlavním zdrojem extraktivních látek. Zabezpečuje redoxní kapacitu, která má velmi pozitivní vliv na odolnost piva. Brání vytvoření nebiologických zákalů, dále nám také pomáhá dosáhnout požadované senzorické stability piva (Basařová, 2010).

Výroba typického sladu spočívá ve sladování ječmene, pšenice, žita či ovsa. V České republice je používán především ječmen dvouřadý (Novotný, 2017). Po celém světě převládá zejména výroba světlého sladu plzeňského typu pro světlá piva a dále pak tmavé slady typu mnichovského, které jsou vhodné pro piva tmavá. Existuje mnoho dalších sladů, např. speciální slady, které slouží ke zdůraznění některých požadovaných kvalitativních vlastností u různých typů piv (Basařová, 2015). Tyto speciální druhy sladů se získávají různými systémy technologie máčení, stádia zeleného sladu, sušení a případně také pražení (Cejpek, 2014). Mezi důležité faktory ovlivňující kvalitu sladu tedy i kvalitu výsledného piva, patří vlastnosti odrůd ječmene. Ve světě je možné se setkat s velmi velkou škálou odrůd jarního či ozimého sladovnického ječmene (Basařová, 2015).

1.1 Specifikace sladu z vyhlášky

Dle vyhlášky č. 248/2018 Sb., o požadavcích na nápoje, kvasný ocet a droždí se za slad považují obilná zrna ječmene či pšenice, u kterých došlo během sladování k enzymatickým přeměnám endospermu, dále pak k tvorbě typických chuťových látek, aromatických a barvicích látek. Sladinou se rozumí výluh ze sladu, který byl získán během používání pivovarských technologií. Dále je ve vyhlášce také specifikace pro piva vyrobená z odlišných obilovin. Jedná se tedy o piva s podílem extraktu ze sladu jiné obiloviny, než je ječmen. Tento podíl musí být ve větším množství než jedna třetina hmotnosti extraktu. Jsou zde také požadavky na jakost (Česko, 2018).

1.2 Chemické složení sladů a jeho druhy

Chemické složení sladu je velmi důležitým faktorem u procesu výroby piva. Ovlivňuje zejména základní a specifické chemické vlastnosti, dále pak má značný vliv i na organoleptické a biochemické vlastnosti výsledného produktu. Chemické složení je závislé také na výběru odrůdy ječmene, jelikož každá odrůda má svůj charakteristický vliv na

konečný produkt (Basařová, 2010). Technologicky významný je pro pivovarství zejména endosperm ječného zrna, které je používáno nejčastěji. Obsahuje především velké množství škrobu (Novotný, 2017). Škrob je složen z molekul glukózy, které jsou spojené α -D (1,4) či α -D (1,6) vazbou. Tvoří ho tyto dvě základní podjednotky a to: amyλόza a amylopektin (Ohdan et al., 2009). Amyλόza je ve vodě rozpustná a řadí se mezi lineární polymery, v nichž jsou glukózové molekuly spojeny pomocí α -D (1,4) vazby (Liljeberg, 2006). Enzym α - amyλόza štěpí vazbu α (1,4), díky čemuž se amyλόza pomocí hydrolyzace mění na maltózu. Reaguje společně s izomaltózou, maltotriózou a monosacharidy při Maillardových reakcích během sladování. Tyto reakce zajišťují vznik barvy a vůně sladů. Mezi další složky ovlivňující chuť i vůni sladu lze zařadit: kyseliny, alkoholy, estery a heterocyklické sloučeniny. Množství vonných látek záleží zejména na rychlosti vzniku, transformaci a odpaření v průběhu sušení (Cejpek, 2014). Amylopektin je na rozdíl od amyλόzy nerozpustný ve vodě. Obsahuje větvené řetězce molekul, které jsou spojovány α -D (1,4) a α -D (1,6) vazbami (Velíšek, 2002; Sajilata et al., 2006). Ve sladu je také velká řada dusíkatých látek, např. polypeptidy, proteiny i volné aminokyseliny, které jsou potřebné pro správný vývoj kvasinek. Dále jsou zde také bílkoviny, jejichž množství by se mělo pohybovat mezi 7-16 % (Basařová, 2010). Bílkoviny, konkrétně ty s hydrofobním charakterem, jsou velice důležitým faktorem pro tvorbu a stabilitu pěny. Hydrofobní složení ulehčuje přechod bílkovin do pěny. Pěnovost a její stabilita je také pozitivně ovlivňována snížením množství enzymu lipoxygenázy. V průběhu technologického postupu výroby dochází ke štěpení bílkovin, které katalyzují proteázy, což jsou nejdůležitější hydrolytické enzymy hned po amylázách (Vodrážka et al., 1991; Čížková et al., 2006). Štěpení bílkovin probíhá podle jejich struktury a množství nebílkovinných částí. Některé druhy bílkovin jsou však nerozpustné ve vodě a odolávají štěpné aktivitě enzymů, díky čemuž nepřechází do piva. Do této kategorie je možné zařadit např. gluteliny, které jsou vylučovány společně s mlátem (Prokeš, 2000). Díky hydrolytickým enzymům neboli peptidázám jsou tvořeny látky s menší molekulovou hmotností. Množství pěnotvorných bílkovin ve sladování se zvyšuje a jejich štěpné produkty jsou esenciálním faktorem pro kvasničné buňky. Malé množství štěpných produktů má negativní vliv na proces kvašení, přičemž nadměrná aktivita těchto enzymů vede ke snížení množství bílkovin, dochází tedy k celkovému zhoršení jakosti pěny (Dyr, 1965; Čížková et al., 2006). Ve sladařství patří k velice důležitým a významným složkám právě enzymy (Kosař et al., 2000). Vliv enzymů je různě projevován ve všech sladařsko-pivovarských procesech. U sladování považujeme za hlavní enzymy hydrolázy (cytolytické a proteolytické enzymy, fosfatázy a amylázy) dále pak oxidoreduktázy,

transferázy, lyázy, izomerázy a ligázy. Hydrolázy dominují ve varném procesu, přičemž ostatní skupiny výše zmíněných enzymů jsou uplatňovány hlavně během procesu kvašení (Benešová et al., 2017)

Dalším velmi významným faktorem ovlivňujícím chemické složení a kvalitativní vlastnosti sladu je pH. Zrno je v počáteční fázi máčeno ve vodě, u které dochází jen zřídka k úpravě pH, proto se její pH pohybuje kolem 7. U zásaditého máčení dojde k úpravě vody obvykle pomocí hydroxidu sodného nebo hydroxidu vápenatého (Lefyedi a Taylor, 2006). U kyselého máčení dochází ve většině případů k úpravě pH vody pomocí kyseliny mléčné (Haraldsson et al., 2004). Výhodou úpravy pH vody pro máčení do kyselé či zásadité oblasti je dezinfekce zrn (Ogundiwin et al., 1991). Slady, u kterých byla na máčení využita upravená voda hydroxidem vápenatým, obsahovaly méně koliformních bakterií a plísní na povrchu než běžné slady (Lefyedi a Taylor, 2006).

Během procesu sladování, dochází hned k několika chemickým změnám. Enzymy se začínají aktivovat, bílkovinné složky odbourávat, uložené polysacharidy rozkládat na zkvasitelné cukry a v neposlední řadě zde dochází ke tvorbě sensoricky podstatných látek. Všechny tyto změny lze ovlivnit např. změnami v obsahu vody, v teplotě klíčení a sušení (Benešová et al., 2017). Množství vonných a chuťových látek je dáno především postupem hvozdní zeleného sladu. Během procesu hvozdní neboli sušení se kontroluje dosažení požadované vůně i chutě velmi obtížně, přestože jejich intenzita i souhrn vlastností souvisí částečně i se stupněm zbarvení sladu (Cejpek, 2014).

Chemické složení samotných sladů se bude měnit stupněm rozluštění v rámci jedné klíčené suroviny i jednoho sladu. Z tohoto důvodu bude docházet k odlišnému chemickému složení u sladů z jiných obilovin (jiné než ječmen) či dokonce u sladů z pseudoobilovin (např. pohanka). Ráda bych upozornila, že tato práce není jen o obilných sladech, ale i o přídavku atypických surovin, které mohou být také zdrojem látek, které přejdou do extraktu při vaření sladiny. Atypickým sladům se věnuje kapitola „2 Slady z netradičních surovin“.

1.2.1 Druhy sladů

Existují různé druhy sladů, které jsou získávány pomocí změn postupů v procesu klíčení. Díky těmto změnám je možné ovlivňovat jednotlivé vlastnosti sladů, jako je enzymová aktivita a chemické složení sladu, které pak významně ovlivní jeho extraktivnost. Jednotlivé druhy sladů mají svoji vlastní charakteristiku, v důsledku čehož se poté vyrábí různé typy pív (Zýbrt, 2005). Množství vytvořených barevných a aromatických složek je způsobeno úpravami technologií při hvozdění nebo pražení (Kosař et al., 2000). Při výrobě piva je zásadní používat slad, který je zhotoven pouze z jedné maximálně ze dvou odrůd ječmene. Tyto odrůdy si však musí být podobné. Ve světě jsou využívány zejména slady světlé plzeňského typu a také tmavé mnichovského typu. Dále existují přechodné druhy, které jsou známé jako vídeňský slad. Jedná se o druh sladu, který je něco mezi světlým a tmavým sladem. Nutné je zmínit také slady speciální, mezi které patří např. barvicí, karamelové a nakuřované slady. Hlavním využitím těchto sladů je zvýraznění požadovaných vlastností jednotlivých pív (Basařová, 2010; Basařová, 2015).

Světlé slady

Slad plzeňského typu (viz Obr. 2) je typický menším rozluštěním a svými nízkými teplotami při dotahování během hvozdění. Teploty se pohybují mezi 80–85 °C (Pelikán et al., 2002). Tyto teploty souvisí s optimálním množstvím vytvořených barevných a aromatických látek. Slad typu plzeňského je využíván zejména u výroby světlých ležáků, dále pak u konzumních a speciálních pív, které mají různý obsah původní mladiny. Mezi základní znaky patří: nízká hodnota barvy kongresní sladiny a barva po povaření. Tento druh sladu vykazuje enzymovou amylolytickou aktivitu, která napomáhá dokonalému zcukření rmutů (Briggs, 1998; Kosař et al., 2000).



Obrázek 1 Slad plzeňského typu

(zdroj: UNIMPAX, 2025)

Polotmavý slad

Další druh sladu je vídeňský (hranice mezi světlými a tmavými slady). Má o něco více tmavší barvu než výše uvedený světlý slad plzeňského typu. Mezi jeho typické využití patřilo ztmavení barvy světlých piv. V dnešní době se s ním lze setkat pouze u vybraných typů speciálních piv (Kosař et al., 2000).

Tmavé slady

Do této kategorie jsou řazeny slady mnichovské neboli bavorské. Slady mnichovského typu jsou nejčastěji využívány pro výrobu tmavých piv (Basařová, 2010). Pro výrobu tohoto sladu, je volen ječmen s vysokým obsahem bílkovin. Zrno musí být máčeno na vyšší stupeň domočení (46–48 %). Musíme dosáhnout dokonalého rozluštění zrna. Tmavé slady jsou obvykle hvozděny dvakrát 24 hodin. Teplota dotahování se zde pohybuje mezi 100–105 °C a doba dotahování může trvat 4–5 hodin (Pelikán et al., 2002).

Pšeničné slady

Pšeničné slady jsou tvořeny z pšenice, která patří mezi tři nejvýznamnější plodiny světa. V současné době dochází ve světě k neustálému zvyšování její spotřeby. Čína patří mezi největší producenty této plodiny (HE et al., 2015). Konkrétně z pšenice seté se vyrábí právě pšeničný slad. Pšenice velmi dobře podporuje pěnivost piv. Často dochází k přidavkům těchto sladů ve velmi malých množstvích do piv vyráběných z ječného sladu pro podporu stability pěny (Basařová, 2010). Tato velmi známá a oblíbená plodina je nejčastěji využívána pro výrobu piva Weissbier. Má typickou bílou barvu, menší hořkost a ovocný charakter. Tento druh piv má silný říz, velmi bohatou pěnu a kvašení je zde svrchní, které probíhá při vyšších teplotách (Večerková a Kiss, 2007).

Karamelové slady

Karamelové slady patří mezi speciální druhy sladů a představují největší zastoupení této kategorie sladů (Moštek, 1975). Jsou velice bohaté na barevné a aromatické látky. Po dokončení procesu pražení zůstává endosperm zrn průsvitný. Velikost síly pražení ovlivňuje enzymovou aktivitu, která může být velice nízká nebo žádná (Basařová, 2015). Tmavá piva jsou nejčastěji vyráběna právě z této suroviny (Moštek, 1975). Kvalita tohoto sladu je značně ovlivňována už i výběrem odrůdy ječmene. Dochází zde ke karamelizaci, což je transformace redukujících sacharidů bez přítomnosti aminosloučenin. Tento proces je ovlivněn mírou luštění zrna. Díky vysokým pražicím teplotám nastává pozastavení procesu zcukření během rmutování (Cejpek, 2014). Karamelový slad je vyráběn zejména

z nehvozděného tzv. zeleného sladu, který musí být dobře rozluštěný. Tento proces probíhá v rychlopražicích bubnech. Teplota se zde pohybuje mezi 120–180 °C. Výše teploty pražení závisí na zvoleném druhu karamelového sladu. Dusíkaté heterocyklické sloučeniny nám vytváří výrazné aroma, které ovlivňuje senzorické vlastnosti piva. Množství těchto sloučenin je odlišné i u sladů stejné barvy (Kosař et al., 2000).

Barevné slady

Tyto slady mohou být také nazývány jako barvící. Jsou využívány zejména při výrobě tmavých piv z mnichovského sladu z důvodu nedosáhnutí požadované silně tmavé barvy. Výroba spočívá v navlhčení hotových sladů, které byly praženy při teplotě blížící se až k 225 °C. Díky konkrétnímu postupu výroby obsahují tyto slady velké množství melanoidinů. Dochází k degradaci škrobu, vzniku dextrinů, vzniku karamel a v neposlední řadě k tvorbě hořkého asamaru. Míru hořkosti lze snížit slabým navlhčením po již hotovém procesu pražení. Endosperm má zde charakteristickou kakaově hnědou barvu. Vlastnosti barevných sladů jsou ovlivněny vysokými pražicími teplotami. K odstranění jejich trpké chuti je potřeba až dvoutýdenní odležení. Dávkuje se do druhého rmutu nebo až po procesu rmutování (Basařová, 2010).

Jantarové slady

Charakteristickým znakem jantarových sladů je, že se v první řadě pomalu suší a poté následuje pražení při teplotách okolo 150 °C (Verhoef, 2003). Využití si našly při výrobě hnědých porterů (velice silné a tmavé pivo). Tento typ sladů dodává finálním produktům hořkou a praženou chuť (Thompson, 2012).

Diastatické slady

Diastatické slady jsou využívány při zpracování sladů s nízkým obsahem enzymů nebo také naleznou využití při zpracování náhražek sladu. K jejich výrobě jsou používána obvykle zrna ječmene či pšenice s vysokým množstvím dusíkatých látek a bílkovin, ale také s delší dobou klíčení studeným vedením. Sušení probíhá při nízkých teplotách, aby nedošlo ke ztrátě aktivity enzymů (Pelikán et al., 2002). Dbá se na správnost technologického postupu z důvodu zachování vysoké hodnoty diastatické mohutnosti (Basařová, 2015). Diastatická hodnota by neměla být nižší než 300 j. Windsche a Kolbacha (Pelikán et al., 2002).

Kukuřičné slady

V Africe, Jižní Americe a Mexiku se semena kukuřice sladují pro výrobu alkoholických nápojů (Serna a Sergio, 2019). U výroby piva je využívána, ale v podobě kukuřičného sladu zejména díky nižší ceně než tradiční ječný slad nebo pro zlepšení stability barvy piva či v některých případech napomáhá k dosažení lehčí chuti piva. Díky kukuřičnému sladu lze dosáhnout nižší hořkosti a jemného náznaku sladkosti, což by mohlo být žádoucí pro výrobu některých konkrétních druhů piv např. piva typu lager (Brožová et al., 2022).

Během průzkumu se testovala výtěžnost zrn kukuřice bílé a žluté, která byla uspokojivá, pouze byla zjištěna nízká diastatická a α -amylázová aktivita. Ke zvýšení těchto aktivit došlo během prodloužení doby kultivace (Serna a Sergio, 2019). Kukuřičný klíček má vysoký obsah lipidů, díky čemuž dochází ke zhoršení pěnivosti piva (Basařová, 2015). Máčení trvá přibližně 30 hodin. Klíčení zrna probíhá 4–5 dní, jakmile je zrno dostatečně naklíčeno dojde k aktivaci enzymů (Briggs, 1998). K výrobě kukuřičného piva je potřeba 10–30 % sladu z kukuřice. Proces rmutování u tohoto druhu piv probíhá dekokčním způsobem. Dochází zde k přidavku enzymů nebo další dávky sladu (Basařová, 2015). Při použití tohoto druhu sladu musíme počítat s velkými změnami senzorických vlastností výsledného piva, které nemusí být vždy úplně pozitivní (Meussdoerffer a Zarnkow, 2009). Obvykle piva vyrobená ze sladu z kukuřice mají na rozdíl od tradičních piv nižší obsah bílkovin a vyšší množství jednoduchých cukrů, což vede k nižší kalorické hodnotě, nedokonalé viskozitě a plnosti těla piva. Běžná piva z ječmenného sladu mají tedy obvykle vyšší kalorickou hodnotu a bohatší nutriční profil (Brožová et al., 2022).

Rýžové slady

Rýžový slad si oblíbili zejména v Americe, kde ho používají hlavně ve formě vloček či šrotu (Basařová, 2015). Dále si rýžové slady získaly skupinu lidí trpící celiakií, jelikož z tohoto druhu sladu se dají získat bezlepkové nápoje (Ceccaroni et al., 2019). Pro výrobu sladů je volena především krátkozrnná rýže, jelikož dlouhozrnná rýže by mohla vyvolat potíže s lepivostí při rmutování (Cadenas et al., 2021). Využívání rýžových sladů má potenciál zlepšení vůně, chutě a barvy piva. Ve studii Cecaroni et al. (2019) byly vyrobeny dva druhy rýžového sladu, a to karamelizovaný a tmavý. Výsledné pivo bylo svrchně kvašené. Konečný produkt měl jantarovou barvu a lepší chuť díky vysokému obsahu polyfenolů. Dále bylo během této studie zjištěno, že výsledné pivo není dostatečně stabilní a došlo u něj ke zhoršení nutriční hodnoty (Ceccaroni et al., 2019). Dle jiné studie Mayer et al. (2016) bylo

zjištěno že pivo vyrobené z rýžových sladů mělo dobrou kvalitu a mohlo by se téměř rovnat tradičním pivům z ječného sladu. Ovšem negativem použití rýžového sladu v této studii byla velmi světlá barva a nedostačující chuť výsledného piva. Světlá barva mohla být způsobena nízkým obsahem bílkovin, jelikož rýže neobsahuje tolik bílkovin jako ječmen (Yahya et al., 2014; Mayer et al., 2016). Tyto nedostatky lze snadno vyřešit použitím speciálních sladů, např. karamelových sladů. Díky těmto speciálním sladům lze dosáhnout u rýžových piv lepší barvy a celkového zlepšení „tělnatosti“ piva (Kunze, 2004; Carvalho et al., 2016).

2 SLADY Z NETRADIČNÍCH SUROVIN

Pivo patří mezi nejstarší nápoje na světě. V poslední době pivovary zvyšují své úsilí o rozšíření nabídky prostřednictvím nových a inovativních produktů, aby lépe uspokojily požadavky spotřebitelů (Bogdan a Kordialik–Bogacka, 2017). Obvykle jsou pivní nápoje v Evropě vyráběny z obilných sladů. Existuje ale mnohem více sladů a nesladových surovin, které se obvykle využívají na výrobu speciálních piv či pro zlepšení jejich sensorických vlastností. Jedním z příkladů jsou piva neobsahující lepek, která jsou vyráběna obvykle z rýžových či čirokových surogátů (bude popsáno níže v této práci). V dnešní době se navíc v pivovarnictví stále častěji využívají netradiční suroviny, které přinášejí inovace do technologického procesu výroby. Jejich použití umožňuje vytvářet piva s bohatší a zajímavější chutí, a u některých speciálních druhů navíc obohacená o zdraví prospěšné látky (Basařová, 2010; Mikyška et al., 2015).

Dle vyhlášky č. 248/2018 Sb. je slad definován jako: „obilná zrna ječmene nebo jiných obilovin, u nichž sladováním došlo k enzymatickým přeměnám endospermu a k vytvoření typických chuťových, aromatických a barvicích látek“. Dále také vyhláška definuje piva vyrobená z jiných obilovin jako: „pivo vyrobené s podílem extraktu z použitého sladu jiné obiloviny než ječmene vyšším než jedna třetina hmotnosti extraktu“. Slady z jiných obilovin vyhláška nedefinuje, ale definuje pivo z jiných obilovin. Tedy pokud byl slad vyroben ze semen travin čeledi *Poaceae*, může být označen jako slad s přízviskem suroviny i z hlediska české legislativy (Česko, 2018). Faktem však je, že jsou legislativní předpisy nedostačující. Pohanka, čočka a fazole nejsou obiloviny, a přesto se mohou nechat klíčit s cílem vyrobit enzymově pozměněnou surovinu, slad z těchto surovin. V cizojazyčné literatuře jsou pak běžně označovány za slad (Wijngaard et al., 2005; Gasiński a Kawa–Rygielska, 2022). Pro účely označování na výrobku by ale nejspíš bylo vhodné použít označení surogát, protože neexistuje platná legislativa pro označování takovýchto sladů a piv z nich vyrobených. Pro účely této práce se v textu můžete setkat s označením luštěninový slad, byť legislativně toto označení není platné.

V následujícím textu budou rozepsány suroviny, které díky jejich chemickému složení mohou sloužit pro výrobu atypických sladů.

2.1 Slady z pseudoobilovin a alternativních obilnin

V reakci na rostoucí poptávku po bezlepkových a speciálních pivech jsou v pivovarském průmyslu stále více prosazovány netradiční suroviny. Mezi hojně používané patří např. pseudoobiloviny a dále pak proso, čirok apod. Tyto plodiny jsou ceněny zejména pro svůj vysoký obsah bílkovin, vlákniny a minerálních látek. Některé z nich budou podrobněji popsány níže v textu.

Pohanka

Jedná se o nažky jednoleté dvouděložní rostliny, náležící k čeledi rdesnovitých (Rysová, 2018). Nažky mají dostatečné množství vlákniny, živin, ale také nízký obsah prolaminů a glutelinů (bezlepková potravina). Velkým pozitivem této plodiny je velká škála zdravotních benefitů jako např. posílení imunitního systému, antioxidační a protizánětlivé účinky (Kopáčková, 2007). Pohanka obsahuje velké množství sacharidů, a to zejména škrob, který tvoří přibližně 55 % celkové hmotnosti nažky a ovlivňuje konzistenci výrobků z této rostliny. Od ostatních obilovin se liší tím, že při tepelné úpravě obsahuje méně stravitelného škrobu (Prugar, 2008; Zhang et al., 2012). V nažkách je také okolo 11 % vlákniny, přičemž rozpustné vlákniny je více než hrubé (Moudrý et al., 2005; Kohout a Pavlíčková, 1994). Bílkoviny jsou zde zastoupeny v množství okolo 18 % a to hlavně albuminy a globuliny (Rysová, 2018). Tuky v nažce pohanky jsou tvořeny především nenasycenými mastnými kyselinami (kyselina olejová a linolová) a jejich obsah je stanoven na 3 %. Je nutné také zmínit důležitost semen, jelikož obsahují velké množství minerálních látek, vitaminů a dále se také vyznačují vyváženým poměrem esenciálních a semiesenciálních aminokyselin jako např. lysin, arginin a tryptofan (Prugar, 2008; Schlett, 2008).

S rostoucím počtem lidí trpících celiakií roste i poptávka po plodinách vhodných pro výrobu bezlepkového piva. Jednou z těchto alternativ je pohanka, která se osvědčila díky své příznivé enzymatické aktivitě a vhodnému chemickému složení. Studie ukázaly, že při použití pohanky ve výrobním procesu lze relativně snadno dosáhnout piva s vlastnostmi velmi blízkými klasickému pivnímu stylu (Ciocan, et al., 2013). „Na základě výzkumu Phiarais et al. (2010) lze konstatovat, že pivo vyrobené ze 100% pohankového sladu vykazovalo téměř shodné hodnoty pH, obsahu dusíku, stupně prokvašení a obsahu alkoholu jako pivo pšeničné. Pohanka se navíc ukázala jako využitelná i v nesladované formě – v kombinaci s běžným ječným sladkem se do mladiny přidává v poměru 45–55 % hmotnostních (Brasil et al., 2020). Použití pohankového sladu ovšem vedlo ke změnám senzorických

vlastností a fyzikálně-chemického složení výsledného piva. Dabija et al. (2022) zjistili, že amylolytická aktivita tohoto netradičního sladu je nižší než u konvenčního ječného sladu, stejně jako podíl zkvasitelných sacharidů ve sladině. Tyto nedostatky však lze efektivně kompenzovat přidavkem exogenních enzymů, které podporují rozklad škrobu a přispívají ke zvýšení obsahu alkoholu (Brasil et al., 2020; Blšáková et al., 2021).

Proso

Proso patří mezi nejstarší známé obiloviny. Ve složení semene této rostliny převažuje z velké části škrob, který je zastoupen v množství mezi 68–76 %. Hojně zastoupeny jsou zde i bílkoviny (12,0–13,4 %), dále pak vláknina (6,3–9,9 %), minerální látky (2,4–4,2 %) a tuk v rozmezí 3,8–6,7 % (Burešová a Lorencová, 2013). V současné době dochází k neustálému zvyšování celosvětové poptávky po prosu. Tato plodina je vhodná i pro sladování, tudíž z ní lze vyrábět bezlepkové pivo. Zjistilo se, že proso je vhodnější pro výrobu piva než např. čirok, a to z důvodu vyššího obsahu β -amyláz a volného dusíku (Basařová, 2015). Při využití prosa v pivovarnictví je třeba věnovat pozornost jeho vyššímu obsahu tuků, který může negativně ovlivnit stabilitu pěny. Kromě výroby bezlepkových piv se tato surovina uplatňuje například i v Africe při produkci nízkoalkoholických piv. Během pětidenního klíčení při teplotě 25 °C vykazoval prosný slad solidní diastatickou mohutnost. Za těchto podmínek byla zaznamenána nejvyšší aktivita α -amyláz, zatímco maximální aktivita β -amyláz byla dosažena rovněž po pěti dnech klíčení, ale při vyšší teplotě 35 °C. Uvedené hodnoty se však mohou lišit v závislosti na konkrétní odrůdě prosa (Pelembé et al., 2002).

Čirok

Čirok je obilovina patřící do čeledi lipnicovitých *Poaceae* (Prugar, 2008). Jedná se o teplomilnou rostlinu, která dobře zvládá sucho a je nenáročná na kvalitu půdy (Moudrý a Stražil, 1999). Endosperm je tvořen bílkovinami a škrobovými zrny. Jeho složení má vliv na stravitelnost a zpracovatelnost čiroku (Hermuth et al., 2012). Zrna této rostliny obsahují okolo 70 % škrobu a 8–16 % bílkovin, které vykazují horší stravitelnost než bílkoviny jiných obilovin (Wrigley et al., 2004). Dále obsahuje více lysinu, 3,3 % tuku, 1,9 % minerálních látek a vláknina tvoří okolo 1,9 %. Jedním z negativních aspektů je přítomnost antinutričních látek, zejména tříslovin (tanninů), které mohou nepříznivě ovlivnit stravitelnost (Petr et al., 2008; Burešová a Lorencová, 2013). Na druhou stranu čirok obsahuje i biologicky hodnotné složky, především fenolické kyseliny s výraznou antioxidační aktivitou. Dále je bohatý na vitaminy, jako jsou B1, B6, betakaroteny, folacin a kyselina pantotenová (Hermuth et al., 2012). Čirok se nejčastěji využívá v Africe a Asii, a to především v zemědělství – jako

příloha k pokrmům, při výrobě pečiva či alkoholických nápojů, včetně bezlepkového piva (Prugar et al., 2008). Na území subsaharské Afriky jsou čirokové slady využívány na výrobu piv známá jako „kaffir beer“. Tento druh piva se vyrábí ze směsi sladu z nesladovaného čiroku, kukuřice či jiných obilovin. Směs těchto obilovin ve vodě musí být v první řadě fermentována pomocí bakterií mléčného kvašení. Dalšími kroky je převaření a získání sladiny pomocí filtrace. Získaná sladina se poté zakvašuje pomocí kvasinek svrchního kvašení. Výsledek tohoto procesu je velmi kyselé pivo s pH okolo 3,5 a s obsahem alkoholu mezi 2–4 % (Serna–Saldívar, 2010). Čirokové slady, které byly vyrobeny z červeného čiroku mají vysokou diastatickou aktivitu. Obvykle je tento druh sladů bohatý také na α -amylázy (International Food Information Service, 2009). Hlavním pozitivem čiroku je schopnost kompenzace nežádoucích vlastností ječných sladů, mezi které patří nedostatek enzymů (hlavně nízká aktivita β -amyláz) a malé množství volného aminodusíku. Použití čiroku v rámci surogace má tyto nevýhody: vysoký obsah polyfenolů a β -glukanů (způsobujících obtížné scezování). Během zpracování čiroku jsou využívány jiné metody mletí zrna a to např. kladivové mlýny, extruze či přidavek enzymů. Přidavek enzymů je nutný z důvodu lepšího zcukření. Jednotlivé druhy čiroků mají jiné výtěžnosti extraktu (Osuntogun et al., 1989; Taylor et al., 2006; Basařová, 2015). Při výrobě čirokového sladu je zapotřebí zahrnout máčení do vlhkosti 33 %, klíčení při teplotě 25–30 °C a sušení na slunci do 50 °C (Serna–Saldívar, 2010). Čirok se i přes výše zmíněné nevýhody častěji využívá jako škrobnatý surogát v nesladované podobě než jako slad, kdy diastatickou aktivitu důležitou pro zcukření lze získat pomocí sladu z jiné plodiny, např. z ječmene nebo dodatkem vhodného enzymatického přípravku, jak již bylo výše zmíněno (Osuntogun et al., 1989; Taylor et al., 2006).

2.2 Vhodné luskoviny pro výrobu sladů

Luskoviny, jako cizrna, fazole, čočka nebo sója, se v pivovarském průmyslu čím dál častěji využívají jako alternativy k tradičním obilninám. Po naklíčení mohou sloužit k výrobě sladu, který díky vysokému obsahu bílkovin a vlákniny představuje vhodnou surovinu pro produkci bezlepkových a netradičních piv (Gasiński et al., 2021; Gasiński a Kawa–Rygielska, 2024).

Cizrna

Cizrna patří mezi tři nejpěstovanější luskoviny na světě. Jedná se o semena jednoleté rostliny z krátkých lusků. Tato semena obsahují 18–25 % velmi kvalitních bílkovin. Při kombinaci cizrny s obilovinami dosáhneme výborného zdroje plnohodnotných bílkovin. Množství tuků se pohybuje mezi 5–8 %, přičemž je zde i velké množství kyseliny linolové. Dále semena cizrny obsahují okolo 40 % sacharidů (Ruger et al., 2008; Moudrý, 2011). Hlavním důvodem jejího pěstování je již zmiňovaný vysoký obsah kvalitních bílkovin, vysoká nutriční hodnota a bohaté množství minerálních látek. Obsahuje např. tyto minerální látky: P, Mg, Fe, Zn, Ca. Zařazení cizrny do našich jídelníčků je spojováno hned s několika zdravotními benefity jako je např. udržování vhodné hladiny cukru v krvi nebo snížení množství cholesterolu v krvi (Singh et al., 2013).

Cizrna je široce využívána v potravinářském průmyslu díky své vynikající nutriční hodnotě a příznivým účinkům na lidské zdraví. V současnosti však probíhají i výzkumy zaměřené na využití cizrnových semen v pivovarském průmyslu, které mají za cíl zlepšit organoleptické a nutriční vlastnosti piva. Ve výzkumu Gasiński et al. (2021) bylo zkoumáno využití luštěnin, konkrétně cizrny, pro výrobu sladů. Slad vyrobený z cizrny však neprošel plnou sacharizací, a to ani po přidání různých enzymů. Zlepšení nenastalo ani po aplikaci proteolytických enzymů, celuláz a β -glukanáz, což naznačuje, že blokování škrobu bílkovinami či celulórou není hlavní příčinou tohoto problému. Na základě těchto zjištění bylo zřejmé, že 100% cizrnový slad není vhodný pro výrobu piva. Nicméně kombinace 30% cizrnového sladu a 70% plzeňského sladu vedla k úplné sacharizaci, přičemž plzeňský slad obsahoval dostatečné množství enzymů potřebných k hydrolyzaci škrobu v cizrnovém sladu (Gasiński et al., 2021). Přidání cizrnového sladu do směsi s ječným sladem by mohlo zvýšit hodnotu extraktu původní mladiny. Dále bylo zjištěno, že slad vyrobený z naklíčené cizrny obsahuje vyšší koncentraci fenolických látek a vykazuje lepší antioxidační aktivitu (Singh et al., 2017). Jiná studie Canonico et al. (2021) byla zaměřena na výrobu prémiového řemeslného piva s přidavkem semen cizrny, jejímž cílem bylo obohatit nápoj o bílkoviny, dosáhnout vyváženého aminokyselinového složení, lepších výživových hodnot a nízkého obsahu alkoholu v konečném produktu (Canonico et al., 2021).

Čočka

Čočka patří do skupiny luštěnin, které jsou považované za vysoce kvalitní potraviny, jelikož mají schopnost nahradit živočišné bílkoviny a jsou zdrojem kompletních základních živin pro osoby s nutričními nedostatky (Dragomir et al., 2025). Jedná se o semena rostliny, která je řazena do čeledi bobovitých (*Fabaceae*) a dorůstá do výšky okolo 40 cm (Naz et al., 2025). Složení semen čočky je velmi bohaté, obsahuje významné aminokyseliny (esenciální, většina je v doporučených poměrech) (Erskine et al., 2009). Průměrné množství bílkovin v této plodině bylo stanoveno na 28 % a hlavními zástupci aminokyselin jsou glutamin, asparagin, arginin, leucin a lyzin. Z bílkovin zde nalezneme především globuliny, leguminy a vicilin, který je alergenem (Jablonský, 2005). Hojně zastoupeny jsou i sacharidy, a to v množství okolo 57–60 %, z čehož tvoří 35–53 % škrob a z toho je 20,7 % amylózy, dále zde je i 4,5 % oligosacharidů (stachyóza, verbaskóza a rafinóza). Přičemž rafinóza má negativní vliv na kvalitu semen (Wang et al., 2009). V nižším zastoupením je zde vláknina, která v suché čočce tvoří přibližně 4 % (Yadav, et al., 2007). Tuky zde tvoří poměrně nízký podíl a to konkrétně 1,5 %, z čehož je zde obsažena i kyselina linolenová a palmitová (mastné kyseliny) (Black et al., 2006). Voda je v neklíčené čočce zastoupena množstvím okolo 10–12 % (Erskine et al., 2009). Procesem klíčení nastávají změny v nutričním složení semen a zvyšuje se stravitelnost bílkovin, a to až o 30 % (Dragomir et al., 2025). Naklíčená čočka obsahuje přibližně 60 % vody, 9 % bílkovin, 0,5 % tuků, 1 % minerálních látek a 22 % sacharidů, přičemž čočka uvařená obsahuje okolo 70 % vody, 9 % proteinů, 0,4 % tuků, 20 % sacharidů a 8 % vlákniny (Erskine et al., 2009). Mimo velmi uspokojivé nutriční hodnoty má také tato plodina pozitivní účinky na naše zdraví. Studie ukázaly, že napomáhá k prevenci a zvládání chronických onemocnění (např. cukrovka), podporuje střevní motilitu a díky příznivému obsahu draslíku a hořčíku snižuje hodnotu krevního tlaku (Dragomir et al., 2025).

Čočka je nejen skvělou potravinou s mnoha zdravotními benefity a uspokojivými nutričními hodnotami, ale také je velmi slibnou alternativou pro výrobu piva. Dá se využít jak v neklíčené, tak i ve sladové formě s přidáním vhodných enzymů, přičemž sladovací proces zvyšuje hladinu extraktu. V případě dodání amylolytických enzymů bylo dosaženo nejvyšších hodnot extraktu jak u neklíčené, tak i u sladované čočky (Fulara et al., 2025). Na rozdíl od ječmene má nižší obsah sacharidů, vyšší obsah bílkovin a neobsahuje lepek, díky čemuž je vhodná pro výrobu bezlepkových piv (Yadav et al., 2007; Gujral, 2012). V rámci studie Gasiński a Kawa–Rygielska (2024) zjistili, že sladová čočka přispívá k lepší stabilitě

pěny a poskytuje pivu netradiční chuťový profil. Díky vysokému obsahu bílkovin a dusíku napomáhá ke zvýšení kvality mladiny a z tohoto důvodu je cenným doplňkem pro přípravu speciálních a již zmiňovaných bezlepkových piv (Gasiński a Kawa–Rygielska, 2024). Dalším velkým pozitivem této plodiny je vysoký obsah zinku (3,2–6,3 mg/100 g) a hořčíku (122 mg/100 g), jelikož zinek je klíčový pro udržování dobrého stavu kvasinek. Množství hořčíkových iontů v mladině poté ovlivňuje životaschopnost kvasinek a efektivnost fermentace. Ve studii Fulara et al. (2025) došli k závěru, že zatímco mladina z ječného sladu zcukřila v průběhu 5–10 minut, tak u vzorku nekličené i sladové čočky nedošlo ke zcukernatění ani během jedné hodiny rmutování při teplotě 70 °C (Fulara et al., 2025). Semena čočky potřebují k aktivaci amylázy a proteázy (zásadní pro degradaci škrobu a modifikaci proteinů) vyšší teploty během sladování než typický slad z ječmene (Fulara et al., 2025). Tato plodina také vyžaduje vyšší teplotu při hvozdní než běžný ječný slad, a to z důvodu získání kvalitního chuťového profilu čočkového sladu. Jelikož vyšší teplota při hvozdní podporuje Maillardovy reakce a karamelizaci, čímž dochází k navýšení sladkosti a komplexnosti výsledného produktu. Ovšem tyto teploty musí být pod neustálým dohledem, aby nedošlo k nežádoucí denaturaci enzymů potřebných pro další procesy vaření piva. Z důvodu vysokého množství bílkovin je potřeba upravit sladovací proces, aby došlo ke zlepšení sensorických vlastností finálního sladu (Gasiński et al., 2021).

Fazole

Stejně jako čočka patří i fazole do skupiny luštěnin a do čeledi bobovitých (*Fabaceae*). Jedná se o jednoletou rostlinu, která dorůstá do výšky mezi 30–120 cm. Semena fazole jsou velmi zdraví prospěšnou potravinou. Konzumace fazolí podporuje prevenci vzniku např. cukrovky, onkologických i kardiovaskulárních onemocnění (Câmara et al., 2013). Semena fazole obsahují vysoký podíl proteinů (20–25 %), ovšem z důvodu nedostatečného množství metioninu, tryptofanu a cysteinu jsou bílkoviny považovány za neplnohodnotné (AICR, 2007). Velkou část proteinů fazolí tvoří zásobní protein fazeolin, který je hlavním determinantem kvantity a nutriční jakosti bílkovin ve fazolových semenech. Dále jsou zde hojně zastoupeny i sacharidy, a to ve výši až 62,7 %, z čehož hlavním sacharidem je stejně jako u již zmiňované čočky škrob. Škrob luštěnin se od ostatních zdrojů škrobu liší dobrou stabilitou při působení vysoké teploty a vysokým bodem viskozity (Guillon a Champ, 2002; Tharanathan a Mahadevamma, 2003; Prugar, 2008; Sharma et al., 2008). Důležité je také zmínit oligosacharidy (refinóza, stachyóza, verbaskóza), které jsou zde také zastoupeny, jsou nestravitelné a způsobují nadýmání (Prugar, 2008). Tuky jsou zde stejně jako u čočky

zastoupeny v nízkém množství, a to okolo 0,8–2,6 % (Sai et al., 2009). Tyto lipidy jsou převážně polynenasycené a mononenasycené mastné kyseliny. Ovšem u fosfolipidů obsažených v semenech fazole dochází snadno ke žluknutí, což vede k nežádoucí tmavé barvě a hořké chuti (Strosserová a Dostálová, 2009). Dále jsou zde obsaženy i minerální látky, z kterých se ve fazoli vyskytuje nejvíce: draslík, hořčík, vápník síra a fosfor (Messina, 1999; Velíšek, 2002; Trinidad et al., 2010). Nalezneme zde také vitaminy skupiny B a vitamin C, dále pak vitaminy rozpustné v tucích jako je např. vitamin A, E, K. Pomocí klíčení můžeme docílit vyšších hodnot vitaminů B a C a ke ztrátám poté dochází během procesu vaření a namáčení z důvodu jejich rozpustnosti ve vodě (Messina, 1999; Velíšek, 2002). Vláknina je zde zastoupena ve velmi dobrém množství, a to konkrétně 5–19 % (Strosserová a Dostálová, 2009). Fazole nalezla využití i v pivovarském průmyslu např. ve Skotsku využívají fazole běžně. Zjistili, že zařazením této suroviny do výroby je možné snížit negativní dopad na životní prostředí, a to až o 15 %, než u výroby pív obsahující pouze ječmen (Saget et al., 2022). Ovšem zařazení přísad fazolí do procesu vaření piva představuje také možné komplikace, a to z důvodu přítomnosti antinutričních faktorů např. kyselina fytové a rafinózy (Asouzu a Umerah, 2020; Nyssölä et al., 2020). Možným řešením tohoto problému by mohl být sladovací proces, díky kterému dochází k aktivaci enzymů a k redukci výše uvedených antinutričních látek (Onyango et al., 2013; Asouzu a Umerah, 2020). Sladováním lze docílit vyššího množství bílkovin, zlepšení vůně a celkové chutě. Kromě jiného přidáním neklíčených/sladovaných fazolí vede k navýšení zdravotních benefitů výsledného produktu (Onyango et al., 2013; Holopainen–Mantila, 2021). Vzhledem k problémům při dosažení požadovaných výsledků během sacharifikace a filtrace je nezbytné přidávat specifické enzymové přípravky, což umožňuje dosáhnout požadovaných parametrů i u fazolového sladu. Ve výzkumu Gasiński et al. (2021) byl použit tekutý enzymový přípravek Trizyme (kombinace α -amylázy, β -glukanázy a proteolytických enzymů rostlinného původu), který vedl k výraznému zkrácení doby filtrace na maximálně 45 minut (Gasiński et al., 2021).

2.3 Surogace sladů

Během výroby piva se můžeme setkat s výrazem surogát, což znamená náhražka sladu. Vybrané pivovary využívají ve své výrobě právě již zmíněné surogáty, kterými nahradí část sladu. Proces surogace je využíván zejména z důvodu snížení nákladů, jelikož běžně používaný slad patří mezi poměrně drahé suroviny (Mezerová, 2017). Dalšími důvody použití je zlepšení koloidní stability, výroba světlejšího a lehčího piva (Basařová, 2010). V tzv. pivovarských zemích jsou surogáty využívány obvykle jen na výrobu speciálních piv. Zatímco v zemích pivovarsky netradičních se tyto náhrady sladů zahrnují do výroby hojně a často (Kunze, 1999). V České republice je již běžně používána surogace nejčastěji cukrem, která se stala obvyklou složkou v recepturách konkrétních piv (Mezerová, 2017). Kromě surogace cukrem existují také škrobnaté náhražky sladu. Mezi které jsou řazeny veškeré suroviny s vysokým obsahem škrobu, které splňují podmínky pro využití v pivovarství. Tato skupina je rozdělena do 3 skupin: škrobnaté výluhy, nesladové obiloviny a speciální sladové náhražky (Kunze, 2004; Basařová, 2015). Pojem surogace nemusí nutně znamenat pouze náhradu sladu, ale také přídavek sladu z obilovin jiných, než je ječmen. Tyto slady pak lze používat k výrobě tzv. speciálních piv. Jestliže výrobce během svého technologického procesu zahrnul surogaci, tak je povinen tuto informaci zmínit ve složení produktu (Mezerová, 2017).

2.3.1 Škrobnaté náhražky sladu

Do kategorie škrobnatých surogátů patří nesladované obiloviny jako jsou např.: kukuřice, rýže, oves, pšenice, čirok, žito, žitovec a dále sem patří také nesladované pseudoobiloviny např.: pohanka, amarant a quinoa (Goode a Arendt, 2006; Annemüller a Manger, 2013). Všechny výše zmíněné plodiny obsahují zásobní sacharidy a bílkoviny, které musí projít hydrolýzou v průběhu rmutování za pomoci sladu či exogenních mikrobiálních enzymů (Pidcocke et al., 2009). Tyto náhražky jsou obvykle využívány z důvodu vysokého obsahu škrobu. Použité množství surogátu v sypání záleží na zvoleném druhu obiloviny a na enzymatickém potenciálu zpracovávaného sladu. Většinou když náhrada tvoří do 10 % sypání sladu, tak se jen zřídka projevují problémy v technologickém procesu či ve výsledné kvalitě piva. U náhrad okolo 10–20 % jsou již zapotřebí technologické úpravy a slad musí mít požadovanou enzymovou aktivitu. Při náhradách vyšších než 30 % už dochází ke změně profilu piva a jsou nutné přídavky průmyslově vyrobených enzymů (Basařová et al., 2022).

Kukuřice

Kukuřice je semeno jednoleté rostliny, která je pěstována zejména v mírném až tropickém pásmu (Špaldon et al., 1982). V posledních letech nabrala na oblibě hned v několika zemích světa, jelikož je považována za jeden z hlavních zdrojů kalorií ve stravě. Kalorické a bílkovinné hodnoty kukuřičného semene představují minimálně 32 % a 28 % doporučeného denního příjmu. Nejčastěji je produkována v Mexiku, Zambii a Malawi, a to z důvodu nízké ceny. V porovnání s rýží či pšenicí je kukuřice daleko levnější, proto je velice populární právě v rozvojových zemích (Serna a Sergio, 2019).

Často je pro pivovarnictví používáno kukuřičné nesladované zrno jen jako zdroj škrobu (Meussdoerffer a Zarnkow, 2009).

Rýže

Jedná se o zrna jednoleté či víceleté rostliny. Existuje několik druhů, ale mezi nejčastěji pěstované patří především: *Oryza sativa* a *Oryza glaberrima*. Tato plodina se pěstuje v tropickém a subtropickém pásmu, na velmi vlhkých místech. V Asii je rýže velice oblíbenou potravinou a pokrývá až 90 % energetické spotřeby tohoto světadílu (Grulich, 2010).

V pivovarství je možné rýži využívat jako surogát. Pro toto použití musí být ovšem nejdříve zbavena veškerých vnějších obalů zrna (Basařová, 2015).

2.3.2 Cukerné náhražky sladu

Tímto druhem náhražek sladu jsou sladidla, která mohou být stejně jako škrobnaté náhražky využívána jako alternativa k běžnému sladu (Basařová, 2015). Patří sem sirupy na bázi sacharózy, které jsou získány z cukrové řepy či z cukrové třtiny. Tyto surogáty obsahují rozpustné cukry a můžou být přidávány do hotové vařící mladiny (Piddocke et al., 2009). Mezi jejich specifické vlastnosti patří snižování množství dusíkatých látek v mladině a dobrá rozpustnost. Obvykle se jejich obsah v mladině pohybuje mezi 5–10 % na sladové sypání. Během dosažení požadovaného stupně rozluštění bílkovin mohou mít cukerné náhražky negativní vliv na pěnivost piva. Nejčastěji používaný je již zmiňovaný řepný cukr, dále pak cukr se zbytky melasy (surový), řepný sirup, cukerný sirup z bramborového škrobu, cukrový kulér apod. Zkvasitelnost zmíněných sirupů se většinou pohybuje okolo 35–82 % (Kosař et al., 2000). Díky studiím byla dokázána vhodnost použití glukózového sirupu pro výrobu bezlepkových pív stejně jako u škrobových náhražek sladu (Dostálek et al., 2009).

2.4 Výhody a nevýhody použití atypických sladů a surogátů

Používání atypických sladů a surogátů zahrnuje spoustu pozitiv ale bohužel i negativ. Některá z nich už byla uvedena výše v této kapitole.

Nahrazení běžného ječného sladu místními obilovinami nebo luštěninami představuje efektivní cestu k omezení nákladů spojených s dovozem ječného sladu, což může být zejména výhodné v oblastech, kde jsou podmínky pro pěstování ječmene nepříznivé, jako je například Afrika (Goode a Arendt, 2006; Taylor et al., 2013). Například použití 30% podílu nesladované kukuřice místo tradičního sladu může snížit výrobní náklady až o 8 % (Poreda et al., 2014). Zařazení i malého množství netradičních sladů do výroby přináší nové senzorické vlastnosti, které mohou vylepšit chuť, vůni a nutriční hodnoty piva, a to bez potřeby změn v samotné výrobní lince (Kordialik–Bogacka a Ambroziak, 2007; Piddocke et al., 2009). Využívání luštěnin jako sladových doplňků otevírá nové možnosti na trhu s pivem a uspokojuje poptávku po nových příchutích, nízkoalkoholických a bezlepkových pivech. Například přídavek sladové čočky pozitivně ovlivňuje složení bílkovin, minerálů a polyfenolů, což přispívá k lepší kvalitě piva (Romano et al., 2023). Atypické slady, či surogáty bohaté na proteiny, také pomáhají zlepšit stabilitu pивní pěny. Dále lze snadno zvýšit stupňovitost mladiny a zkrátit dobu výroby piva přidavkem cukerných sirupů. Na druhou stranu mohou nastat některé nevýhody při použití netradičních sladů a surogátů, jako je prodloužená doba zcukření, nižší mladinový extrakt a tím i nižší obsah alkoholu v pivu (Cadenas et al., 2021). K dalším problémům patří snížený obsah dusíkatých látek potřebných pro kvasinky, což může zhoršit fermentaci (Bogdan a Kordialik–Bogacka, 2017), uvolnění vyššího množství β -glukanů, které negativně ovlivňuje viskozitu mladiny a filtraci (LU a LI, 2006), nebo potřeba přidávat exogenní enzymy pro zajištění optimálního rozkladu škrobu a bílkovin (Bogdan a Kordialik–Bogacka, 2017). V neposlední řadě může použití velkého množství například fazolového sladu negativně ovlivnit chuť a vůni výsledného piva (Deoghare et al., 2025).

3 MODERNÍ PIVOVARNICTVÍ A TRENDY VE VÝROBĚ

Veškerá průmyslová odvěti, včetně pivovarství, potřebují modernizovat a využívat nové trendy technologie výroby (Speers, 2006). Někteří sládci a technologové vnesli do výroby piva spoustu inovací, které ovšem nebyly vždy přijaty automaticky. Často docházelo díky těmto inovacím k dlouhým debatám mezi ostatními odborníky v tomto odvěti (Horáček, 2015). I když mnoho spotřebitelů stále preferuje tradiční „ležák“ a není nakloněno změnám, v poslední době roste počet těch, kteří rádi objevují nové chutě a hledají inovativní produkty na trhu. V pivovarském průmyslu se mezi současné trendy řadí výroba nealkoholických, ochucených, ovocných, nízkosacharidových, bezlepkových a speciálních piv. V současnosti také roste poptávka po pivech z minipivovarů, které se zaměřují na výrobu pивních speciálů (Speers, 2006). Obecným trendem ve výrobě piva je používat lokálně dostupné i funkční přísady. Jednou z nejčastěji používanou doplňkovou kategorií je ovoce, a to z důvodu, že je zdrojem důležitých polyfenolů a antioxidantů. Další skupinou neobvyklých přísad používaných v pivovarnictví jsou rostliny (zdroj škrobu), koření či byliny. Netradiční suroviny jsou do piva přidávány za účelem zlepšení jeho sensorických vlastností, jako jsou nová chuť, vůně a barva. Díky těmto inovativním přísadám lze rozšířit nabídku speciálních piv, která jsou určena pro konzumenty, jež nepreferují chuť tradičních piv (Radu et al., 2024). V následujícím textu jsou představeny některé konkrétní trendy v pivovarské výrobě.

3.1 Bezlepková piva

Dříve byl tento druh piv vyráběn pouze v malých specializovaných pivovarech (Hager et al., 2014). Ovšem v dnešní době jsou bezlepková piva již běžnou záležitostí na trhu, tudíž jsou vyráběna většími i velkými pivovary po celém světě (MORDOR INTELLIGENCE, 2024). V České republice dnes vaří piva bez lepku především pivovar Bernard, Plzeňský Prazdroj a Ferdinand. Pro výrobu piv neobsahující lepek se často používá kukuřice, rýže, čirok, pohanka či proso (Arendt a Zannini, 2013). Těmto surovinám byla věnována kapitola 2.4. Ovšem nejčastěji využívanými jsou z nich kukuřice s rýží, a to z důvodu cenové dostupnosti. Bezlepková piva se od běžného z ječného sladu liší zejména chutí a kvalitou, což může vést k negativním recenzím spotřebitelů (Hager et al., 2014). Při nahrazování ječmene alternativními bezlepkovými surovinami je zapotřebí upravit technologické parametry výroby jako např. vaření, teplota a pH rmutování, výběr vhodných kvasinek, zrání, skladování, provzdušňování a doba klíčení (Sohrabvand et al., 2012). U tohoto typu piv je

často zapotřebí dodávání průmyslové enzymové přípravky či invertní cukrový sirup z důvodu nedostatečné vhodnosti surovin bez lepku pro pivovarnictví (Kiss et al., 2011).

3.2 Nealkoholická piva

Lidé si čím dál více uvědomují následky konzumace alkoholu, což vede ke zvýšení poptávky po nealkoholickém pivu i ke zvýšené spotřebě tohoto nápoje. Nealkoholické pivo se obvykle vyznačuje nulovým nebo velmi nízkým obsahem alkoholu ($\leq 0,5\%$). V jednotlivých zemích můžou být povolená množství odlišná. Nealkoholická piva patří mezi dobré zdroje vybraných vitaminů rozpustných ve vodě (např. B₂), minerálů a antioxidantních fenolických látek. Velmi oblíbenou variantou tohoto druhu jsou ochucená nealkoholická piva, která se těší popularitě zejména u mladých lidí (Gliszczyńska-Świgło et al., 2025). Jsou tři základní postupy, jak vyrábět tato piva. Prvním způsobem je receptura omezující tvorbu alkoholu a změna technologického postupu výroby. Druhým způsobem jsou postupy využívající speciální kvasinky a třetí způsob spočívá v technologii šetrného odstranění alkoholu z piva (Basařová, 2010).

3.3 Ochucená piva

Přidávky ovoce jsou nejčastějším způsobem ochucení používané ve výrobě ovocných piv. Díky širokému sortimentu ovoce lze vyrábět nepřeberné množství piv ochucených ovocem. Ovoce je zdrojem důležitých antioxidantů a bioaktivních látek, které vedou ke zlepšení nutriční hodnoty piva. Kromě nutričních, zlepšuje i senzorické vlastnosti výsledného produktu (Radu et al., 2024). Výroba ovocných piv je postavená na kvašení mladiny z extraktu z použitých obilovin a přidáním ovoce či ovocné šťávy v průběhu procesu výroby. Mezi nejčastěji používaná ovoce patří bobule (maliny, hroznové víno), peckovice (broskve, třešně) a malvice (hrušky, jablka). U tohoto druhu piv je velká rozmanitost a flexibilita výroby, jelikož existuje hned několik způsobů dodání ovoce do výrobního procesu např. celé ovoce, sušené, loupané či neloupané, ovocné šťávy/dřeně nebo koncentráty ovocných šťáv. Ovoce může být do výroby přidáno v jakékoli fázi v rámci: výroby sladiny, chmelovaru, fermentace nebo až ve zrácím procesu (Croonenberghs et al., 2024). Níže v textu jsou uvedeny konkrétní představitelé těchto druhů výrobků.

Kriek je ovocné pivo, které je velmi často spojováno s Belgií. Jeho tradiční výroba spočívá ve spojení lambického piva s macerovanou višní (Keersmaecker, 1996). Ovocná dřev je zde dodávána do tanků k základu piva, z důvodu spontánní fermentace, která probíhá až několik měsíců. Sekundární fermentace nastává až po naplnění piva do lahví. U modernějších typů těchto piv dochází k záměně ovocné dřevě za sirup, díky čemuž lze docílit rychlejšího procesu výroby (Boulton, 2013).

V posledních letech je čím dál větší poptávka po nápojích s vyšší biologickou hodnotou. Pod tuto kategorii spadá i borůvkové pivo, které bylo zkoumáno ve studii Georgieva et al. (2021). V tomto výzkumu byly borůvky přidány do ležáků s extrakty 12, 14 a 16 % (w/w) extraktu původní mladiny na začátku procesu zrání. Po přidavku bobulí byl pozorován vyšší obsah alkoholu, esterů a aldehydů ve finálním nápoji v porovnání s běžným pivem (Georgieva et al., 2021).

3.4 Bylinná piva a piva s přídavky koření

V současnosti začínají lidé dávat přednost originalitě menších pivovarů před typickými komerčními ležáky. V důsledku toho narůstá poptávka po speciálních řemeslných pivech. Dříve bylo naprosto běžné přidávat do piv řadu bylin, a to z důvodu prodloužení jeho trvanlivosti. Mezi využívané byliny patřily zejména tyto: pampeliška, kopřiva a šalvěj. Díky přídavkům pampelišky bylo možné dosáhnout jemné hořkosti a příjemné medové příchutě, zatímco šalvěj dodala konečnému produktu jemně kořeněnou, travnatou až zázvorovou příchut', což bylo preferováno především u mužů (Hayward et al., 2019). Bylinné doplňky mohou příjemně měnit chuť, barvu, vůni i říz piva, záleží ovšem zejména na množství dávkování a druhu byliny či koření (Pluháčková et al., 2020). Výsledky experimentů Leskošek–Čukalovič et al. (2010) ukázaly, že pivo obohacené tymiánem vykazovalo lepší antimikrobiální a antioxidační vlastnosti. Antioxidační vlastnosti byly až dvakrát vyšší než u piva bez tymiánu. Ovšem co se týče sensorického hodnocení bylo toto pivo přijímáno spíše negativně. Z tohoto důvodu je v současné době obvykle tymián přidáván do speciálních piv společně ještě s nějakými bylinami či ovocem např. s šalvějí, bezovým květem, citrónem, pomerančem apod. Je přidáván jak do piv alkoholických, tak i nealkoholických (Leskošek–Čukalovič et al., 2010). Například v České republice využily pro výrobu „Birell Botanicals“ kombinaci tymiánu s bezovým květem a citrónu, díky čemuž docílili piva s osvěžujícím kořeněným charakterem (Plzeňský Prazdroj, 2017). Pivo typu „belgické bílé“ je typické přídavkem semen koriandru a pomerančové kůry. V koriandrovém pivu byl zjištěn

přídavkem semen koriandru a pomerančové kůry. V koriandrovém pivu byl zjištěn nadměrný obsah linaloolu ($\sim 70 \mu\text{g/l}$), který společně s geraniolem a β -citronellolem tvořil výraznou citrusovou příchuť. Tato semena dodávají pivu mimo již zmíněný citrusový charakter, také kořeněnou či bylinnou příchuť (Takoi et al., 2024).

3.5 Piva s přídavkem luštěnin

Zatímco v České republice je používání luštěnin pro výrobu pivních speciálů stále velmi výjimečné, tak v zahraničí jsou speciální piva s přídavkem luštěnin již běžně vyráběny a prodávány na trhu (Speers, 2006; Radu et al., 2024). Tyto inovativní produkty jsou dostupné zejména na trzích v Austrálii, Kanadě, Francii či Itálii a představují rostoucí segment v oblasti řemeslného pivovarnictví (Kessler, 2015; Allenby, 2017; Anonym, 2020).

Lobethal Bierhaus – Lentil Pale Ale je první pivo s přídavkem čočky, které je běžně vyráběno v Austrálii. Toto pivo obsahuje 30 % červené čočky a 70 % ječného sladu. Čočka zde byla použita za účelem dosažení vyšší plnosti těla piva, lepší pěnivosti a lepšího chuťového profilu (Allenby, 2017).

Lentil Cream Ale je pivo, které je vyráběno v Kanadě. Obsahuje 20 % čočky a 80 % tradičního ječného sladu. Tento nápoj obsahuje 4 % (v/v) alkoholu a je charakteristické svojí lehkou, bohatou chutí s krémovým tělem (Kessler, 2015).

Birra Cotta 37 je speciální pivo s přídavkem cizrny, které je vyráběno italským pivovarem Birra Cotta. Tento produkt je charakteristický svou zlatavou barvou, jemnou a mírně ořechovou chutí. Pivovar Birra Cotta obdržel za pivo s přídavkem cizrny cenu „Nejlepší speciální pivo“ na veletrhu Beer Attraction v Rimini v roce 2018 (Anonym, 2020).

4 VÝROBA PIVA

Pivo je alkoholický nápoj, který spadá pod vyhlášku č. 248/2018 Sb. Dle vyhlášky se za pivo považuje: „pěnivý nápoj vyrobený zkvašením mladiny připravené ze sladu, vody, neupraveného chmele, upraveného chmele nebo chmelových výrobků, který vedle kvasným procesem vzniklého etanolu a oxidu uhličitého obsahuje i určité množství neprokvašeného extraktu (Česko, 2018). K fermentaci jsou zde využívány specifické kmeny pivovarských kvasinek. V průběhu celého procesu musí být dodržovány přesné technologické postupy. Značnou roli tu hrají škrobnaté suroviny, které zajišťují cukr potřebný pro výše uvedené kvasinky (Chládek, 2007).

4.1 Suroviny pro výrobu piva

Mezi základní suroviny pro výrobu piva jsou řazeny: slad, chmel, vodu a kvasinky (Gasiński, et al., 2022). Volba jednotlivých surovin je zásadní, jelikož nám ovlivní chuť, aroma, barvu a organoleptické vlastnosti výsledného produktu. V následujícím textu budou krátce rozebrány jednotlivé výše zmíněné základní suroviny.

4.1.1 Slad

Jako první bych ráda zmínila slad, jelikož právě díky sladu má pivo svůj charakter. Dále se také podílí na většině barvy a chuti piva. Je také důležitý pro pivovarské kvasinky, pro které je potravou (Basařová, 2010). Dále je možné slad využít také jako ochucovadla do pekárenských výrobků či některých cereálií (Cejpek, 2014). Více o sladu je již zmíněno výše v této práci.

4.1.2 Chmel

Chmel neboli *Humulus* má více druhů: *Humulus japonicus*, *Humulus yunnanensis* a *Humulus lupulus*. První dva zmíněné druhy chmelu nejsou vhodné pro výrobu piva z důvodu tvorby nepodobných šištic. *Humulus lupulus* má několik stovek různých odrůd, které se vyskytují přirozeně. Některé z nich jsou však šlechtěny z důvodu vytvoření požadované kombinace pryskyřic, kyselin, silic, tak aby splňovaly požadavky konečných spotřebitelů (Teghtmeyer, 2018). Odrůdy chmele jsou rozděleny podle barvy na červenáky, poločervenáky a zeleňáky (Hasík, 2013). Chmelové šišťice známé také jako „samičí květenství“ se do piva dodávají pro zajištění lepšího aroma a chuti (Gasiński, et al., 2022). Mezi velice podstatné složky chmelu jsou řazeny: polyfenoly, silice a chmelové pryskyřice.

Polyfenoly plní funkci antioxidantů, podporují číření piva a díky reakci mladiny s dusíkatými látkami napomáhají k vylučování kalů (Basařová, 2010). Chmelové silice zajišťují typickou vůni piva a chmelové pryskyřice dodávají pivu charakteristickou hořkou chuť. Chmel je obvykle dodáván do nezkrvašené mladiny z důvodu docílení vyšší hořkosti piva. Ovšem v dnešní době již několik pivovarů používá metodu tzv. „suchého chmelení“. Tato metoda spočívá v přidávku chmele do piva během kvašení, díky čemuž lze dosáhnout vyššího aroma konečného produktu (Gasiński, et al., 2022).

4.1.3 Voda

Největší podíl hmotnosti piva má voda, proto je ve výrobě piva velice důležitá (Eumann, 2006). Ve varné vodě je velice podstatným faktorem vápník, který způsobuje snižování pH mladiny, snižuje množství vytvořeného zákalu a v neposlední řadě napomáhá k dobrému působení kvasinek (Šemík, 2002). Za optimální pH pro zachování činnosti enzymů lze považovat hodnotu mezi 5,2–5,4 (Eumann, 2006). Voda pro využití v pivovarech se dělí na: varní, mycí a provozní vodu. Varní voda je řazena právě mezi hlavní suroviny ve výrobě piva. Jsou na ni kladeny stejné podmínky jako na vodu pitnou, zejména co se týče hygieny a zdravotní nezávadnosti. V dnešní době existuje hned několik variant úpravy varních vod. Mezi nejvhodnější varné vody lze zařadit spodní vody z pramenů. Ovšem nejčastěji je z ekonomického hlediska využívána upravená voda z vodovodů (Basařová, 2010). Vyhovující varní voda, je vybírána dle čistoty, zdravotní bezpečnosti, podle její tvrdosti a množství solí. Soli mohou mít vliv na chuť výsledného nápoje. Zvolená tvrdost vody závisí na druhu vyráběného piva např. pro klasický ležácký typ je vhodná měkká voda. Vodu lze změkčit pomocí snížení obsahu iontů vápníku a hořčíku za pomoci filtrů (Simate, 2015).

4.1.4 Pivovarské kvasinky

Poslední ze základních surovin pro výrobu piva jsou pivovarské kvasinky, které jsou řazeny mezi mikroskopické houby. Jejich hlavním úkolem v pivovarství je přeměna kvasných cukrů na alkohol (Basařová, 2010). Druh použitých kvasinek záleží na typu piva, jelikož na různé typy piv se využívají odlišně vyšlechtěné kvasinky. Kvasinky svrchního kvašení jsou používány zejména do piv typu Ale. Jejich ideální teplota kvašení se pohybuje mezi 20–25 °C. Kvasinky spodního kvašení jsou vhodné zejména pro výrobu piv typu ležáckého. Optimální teplota kvašení pro tyto kvasinky se pohybuje mezi 8–15 °C a doba zrání je delší než u piv typu Ale (Kodama et al., 2006).

Kvasinky jsou také velice náchylné na různé druhy stresu. V průběhu pivovarského procesu jsou vystaveny změnám v teplotě i změnám v pH, dále na ně má vliv koncentrace kyslíku, hyperosmotický a chemický stres a v neposlední řadě i změna množství živin (Sigler a Matoulková, 2011).

4.2 Technologie výroby piva

Výrobní technologie piva prošla v průběhu několika let velkým množstvím úprav a spousty inovacemi (Gasiński, et al., 2022). Výroba piva může být rozdělena do dvou fází. První je zaměřena na sladovnický proces a druhá fáze obsahuje pak samotnou produkci piva. Produkce piva poté zahrnuje další tři fáze, kterými jsou příprava mladiny, kvašení mladiny a zrání piva (Kosař et al., 2000).

4.2.1 Výroba sladu

Jedná se o první a velmi zásadní fázi v technologii výroby piva. Cílem tohoto procesu je přeměna zrn ječmene na slad s vysokým obsahem enzymů. Aktivní proteolytické enzymy napomáhají ke štěpení proteinů v průběhu sladování či rmutování (Perrocheau et al., 2006). Výroba sladu lze rozdělit na tři fáze: máčení, klíčení a hvozdění. Během máčení dochází k odstranění všech nečistot a k navýšení obsahu vody v zrně z 12–15 % na 42–48 % (w/w), díky čemuž dochází ke spuštění enzymových reakcí a klíčení zrna (Perrocheau et al., 2006; Basařová, 2015). Během máčení je nutné zařadit tzv. vzdušné přestávky, kdy dochází k vypuštění vody a k provzdušnění zrna z důvodu podpory životaschopnosti a klíčení zrna (zabránění dušení). Jakmile je dosaženo požadovaného obsahu vody, tak nastává klíčení, jehož úkolem je výroba zeleného sladu (Eßlinger a Narziß, 2009). Proces klíčení je důležitý z důvodu aktivace a tvorby nových enzymů. Dochází k aktivaci tří velice zásadních skupin enzymů: amylázy, proteázy a β -glukanázy. Amylolytické enzymy napomáhají při hydrolýze škrobu, glykogenu, polysacharidů s α -1,4-glykozidickými vazbami. Jde především o α -amylázu a β -amylázu, které jsou významné během rmutovacího procesu. Díky těmto enzymům dochází ke štěpení škrobu a podílejí se tedy na množství zkvasitelných sacharidů ve sladině. Zatímco α -amyláza vzniká až během klíčení, tak β -amyláza je obsažena již v zrně a v průběhu sladování zvyšuje svůj obsah (Kosař et al., 2000). Proteázy se podílejí na rozkladu bílkovin a uvolnění volného aminodusíku, zatímco β -glukanázy přispívají k degradaci buněčné stěny endospermu, díky čemuž mohou přistupovat k endospermu další enzymy (Thesseling et al., 2019). Po klíčení následuje proces hvozdění neboli sušení, během něhož α -amyláza a β -amyláza částečně denaturují, kdy α -amyláza denaturuje více z důvodu

zvýšené citlivosti na teplotu. Cílem tohoto kroku je dostat zelený slad do stavu, aby byl připravený ke sladování (Kosař et al., 2000). Hvozďení je finální fází výroby sladu, kde dojde k předsušení zeleného sladu při teplotě do 60 °C, ten je poté nutné vyhřát a následně provést dotahování při teplotách pohybujících se mezi 80–105 °C. Dochází zde také ke snížení obsahu vody pod 4 % a k ukončení chemických a biologických pochodů, které probíhají během procesu klíčení. Dále zde pomalu začíná tvorba aromatických a barevných látek, které jsou typické pro konkrétní druhy sladů (Kosař et al., 2000; Eßlinger a Narziß, 2009; Basařová, 2010). Vyrobený slad by měl být skladován alespoň čtyři týdny před jeho použitím ve varně (Kadlec et al., 2009).

4.2.2 Příprava mladiny

Tento krok obsahuje šrotování sladu, vystírání, rmutování, scezování, vyslazování sladu a chmelovaru. Při výrobě mladiny za pomoci enzymů dochází k přenosu rozpustné složky ze sladu do roztoku. Klíčové je přitom rozložení bílkovin a škrobu (Pelikán et al., 2002).

Šrotování sladu

Jedná se o mechanický proces, kde dochází k rozemletí ječného sladu a ke vzniku sladového šrotu, s kterým se dále pracuje (Chládek, 2007). Cílem tohoto kroku je dokonalé rozdrčení endospermu, díky čemuž dojde ke zpřístupnění extraktivních látek sladu, které pak odchází do mladiny. Tato fáze je ve výrobě důležité zejména z důvodu zabránění vzniku případných komplikací během varního procesu, získání vysokého výtěžku extraktu, docílení vzniku kvalitní mladiny a ve finále i zisku kvalitního piva (Pelikán et al., 2004). Dále je velmi podstatné, aby byly pluchy zachovány vcelku, jelikož obsahují nezkvasitelné polysacharidy, třísloviny, hořké sloučeniny a barviva. Tyto složky by mohly mít negativní dopad na výslednou chuť piva. Aby došlo k zabránění porušení těchto vrstev, tak je zařazeno ještě před samotným sladováním navlhčení zrna vodou nebo párou. Tímto krokem dojde ke zvlhčení vnějších obalových struktur zrna a navýšení jejich pružnosti, díky čemuž nedojde k jejich poškození v průběhu mletí (Eßlinger a Narziß, 2009; Kadlec et al., 2009). Důležitost kvality šrotování je velice vysoká z důvodu ovlivnění dalších procesů při výrobě mladiny, tím pádem i ovlivnění vlastností výsledného produktu (Wunderlich a Back, 2009).

Vystírání

Jedná se o sloučení sladového šrotu s požadovaným obsahem vody (Nilsson, 2009). Vystírání probíhá ve vystíracích pánvích a dochází zde ke změkčení zrn. Výsledkem tohoto procesu je vystírka. Nálev na várku udává obsah vystírací vody pro konkrétní sypání. Poměr udávaný mezi sypáním a nálevem je zvolen tak, aby sacharizace předku byla okolo 13–18 % hmotnosti, tento poměr se mění u světlých a tmavých piv. Zásadním faktorem tohoto procesu je teplota vystírky, jestliže je využíván dvourmutový postup, tak by teplota vystírací vody měla mít okolo 37 °C a voda pro zapaření minimálně 85 °C (Drdák, 1996; Kosař et al., 2000).

Rmutování

V průběhu rmutování dochází za pomoci enzymů obsažených ve sladu (α - a β -amylázy) ke štěpení škrobu na jednoduché cukry, které lze zkvasit, což je označováno jako „zcukření škrobu“ (Basařová, 2010; HU et al., 2014). Dále zde také probíhá: hydrolýza bílkovin na volné aminokyseliny. Rmutování je zásadním krokem u výroby piva, jelikož stanovuje složení mladiny, ovlivňuje kvašení a finální kvalitu výsledného produktu (Hu et al., 2014). Tento proces probíhá ve rmutovací kádi, kde vzniká tzv. rmut (sladový šrot a teplá voda) a je rozdělen do několika stupňů s různými teplotami. Teploty se liší na základě teplotního optima žádoucího pro konkrétní enzymy, tak aby došlo k požadovaným enzymatickým změnám škrobu a bílkovin (Nilsson, 2009). První dosažená teplota je 45 °C a dochází při ní k aktivaci proteázy a ke štěpení proteinů na peptidy a aminokyseliny (zdroj dusíku pro kvasinky při fermentaci). Druhá teplota by měla být mezi 62–64 °C z důvodu dosažení ztekucení škrobu. Při působení této teploty začínají také β -amylázy štěpit amylozu a amylopektin na maltózu. Třetím zahřátím se vystoupá na teplotu 72 °C, čímž dojde k aktivaci α -amyláz, které začnou štěpit amylozu až na glukózu a maltózu. Finální zahřátí je na teplotu 78 °C. V důsledku působení této teploty dojde k zastavení téměř všech enzymatických aktivit i k zastavení rmutovacího procesu (Nilsson, 2009; Novotný, 2015; Thesseling et al., 2019). Rmutovací technologie má dvě metody, kterými může být prováděna, a to dekokční nebo infuzní rmutování. V České republice je obvykle používána dekokční metoda, během které je rmut rozdělen na dílčí části. Jedna dílčí část prochází pozvolným zahříváním na požadované teploty a poté následuje dekokce neboli povaření. Tento typ metody je využíván zejména z důvodu nedokonalého rozložení škrobu aktivitou enzymů u sladování (nesplní se optimální parametry zrna pro účely v pivovarnictví). Škrob při varu ztekutí, zcukří a

zmazovatí, přestože již povařený rmut neobsahuje enzymatickou aktivitu. Množství rmutu je stanoveno po dosažení optimální teploty v celém rmutu a po dokončení procesu povaření a přečerpání. Tím je zajištěna vyšší výtěžnost extraktivních látek u nedostatečně rozluštěných sladů. Zda proběhlo dostatečné zcukření, lze zjistit pomocí zkoušky jodem, kdy dochází k zbarvení škrobu jodem do modra, zatímco dextriny s nízkomolekulárními sacharidy s touto látkou nereagují (Briggs a Hough, 1981; Kosař et al., 2000; Basařová, 2010; Basařová, 2011).

Scezování a vyslazování

Scezování sladiny je ve své podstatě vlastně proces filtrace (Willaert, 2007). Cílem tohoto kroku je oddělit mláto od sladiny, kde jsou všechny důležité pivovarské látky. Mláto obsahuje zbytky nerozpustného materiálu, slupek a semen, zatímco sladina je čirý roztok zlatavé barvy (Kadlec et al., 2009; Wunderlich a Back, 2009). V průběhu vyslazování dochází k proplachování usazeného mláta. Tento krok se několikrát opakuje a cílem je získat vyššího množství extraktivních látek ve výluhu (Kosař et al., 2000; Basařová, 2010).

Chmelovar

Cílem chmelovaru je vznik již hotové mladiny smícháním a povařením sladiny s chmelem. Obvykle je používán chmel v podobě granulí či extraktu, který musí být přidáván postupně. Na začátku varu dojde k přidání $\frac{1}{4}$ chmelu, následuje přídavek $\frac{1}{2}$ po hodině varu a v posledních 30 minutách varu je dodána opět $\frac{1}{4}$ (Večerková a Kiss, 2007). První dva přídavky chmelu jsou dodávány z důvodu dosažení optimální hořkosti a třetí dávka nám zajišťuje správné chmelové aroma. Délkou trvání chmelovaru je možné korigovat výsledné koncentrace extraktivních látek. V průběhu chmelovaru dochází k mnoha významným fyzikálně–chemickým pochodům např. odpaření přebytečné vody, sterilizace mladiny, tvorba barevných látek, inaktivace zbylých enzymů, pokles pH, čiření mladiny, extrakce účinných látek chmelu do mladiny (extrakce α –hořkých kyselin na iso– α –hořké kyseliny) a odstranění dimethylsulfidu (Kosař et al., 2000; Kadlec et al., 2012; Novotný, 2016). Použitím chmelu lze zajistit, aby výsledné pivo mělo svoji typickou chuť, aroma, hořkost a stabilitu (Magalhaes et al., 2011).

4.2.3 Kvašení mladiny

V České republice je nejčastěji vyráběno pivo plzeňského typu, kdy jsou pro zkvašování mladiny využity kvasinky spodního kvašení. Dochází zde k přeměně zkvasitelných cukrů na etanol a oxid uhličitý, dále tu vznikají také vedlejší kvasné produkty (např. alifatické alkoholy, aldehydy a estery), které tvoří aroma a chuť piva. Proces kvašení je obvykle rozdělen do 2 fází: hlavní kvašení a dokvašování (Kosař et al., 2000; Chládek, 2007; Eßlinger a Narziß, 2009; Basařová, 2010).

4.2.4 Zrání mladého piva

Tento krok probíhá v ležáckém sklepě. Pivo je uzavřeno v tancích, kde postupně kvasí, zraje, čirí se a sytí vzniklým oxidem uhličitým pod tlakem. Doba zrání neboli ležení je u každého typu piva jiná. Obvykle u tradičních piv trvá přibližně 1–10 týdnů při teplotách -2 až 3 °C. Ovšem u speciálních piv může doba ležení trvat až několik měsíců. Zralé pivo se již může konzumovat (Kadlec et al., 2009).

4.2.5 Konečné úpravy piva

Pivo je považováno z hlediska organoleptických vlastností za hotové po procesu zrání. Ovšem pro lepší dojem na spotřebitele jsou prováděny ještě další finální úpravy. Mezi tyto úpravy můžeme zařadit např. filtraci, stabilizaci piva, pasterace a stáčení (Kadlec et al., 2009).

II PRAKTICKÁ ČÁST

5 CÍLE PRÁCE

Hlavním cílem práce bylo vyrobit prototyp nového netradičního piva za použití luštěninových sladů (čočkový a fazolový). Přínos této práce je především aplikace atypických sladů v průběhu výroby piva, protože v dostupné literatuře zatím nebyl věnován dostatečný prostor pro využití luštěninových sladů. Výsledkem práce je tedy výroba nového výrobku.

Díličními cíli, které byly vytyčeny pro dosažení hlavního cíle práce, byly:

- Vyrobit modelové vzorky čočkového, fazolového a běžného ječného sladu, pomocí nichž pak vyrobit piva s různými poměry přísad těchto sladů.
- Specifikovat vzorky pomocí vybraných parametrů (hustota, obsah alkoholu, reálný extrakt, reálný stupeň prokvašení, hodnota rozpustné sušiny, TDS, pH, zákal, barva).
- Zhodnocení organoleptických vlastností vzorků.

6 METODIKA PRÁCE

V této kapitole jsou uvedeny veškeré suroviny a přístroje, které byly použity v průběhu výroby vzorků a prováděné laboratorní analýzy za jasně stanovených podmínek. Jsou zde také charakterizovány postupy a principy jednotlivých měření.

6.1 Charakteristika modelových vzorků

Byly analyzovány tři vzorky piva s přidavky čočkového sladu a tři vzorky piva s přidavky fazolového sladu. Přidavky luštěninových sladů byly vždy v koncentracích **10, 25, 50 % (w/w)** na celkovou hmotnost použitého sypaní. Dále byl také vždy analyzován jeden kontrolní vzorek piva z ječného sladu (bez přidavku luštěninových sladů). Jednotlivé odběry vzorků a následné analýzy byly prováděny v následujících fázích výroby piva: **mladina (před zaočkováním), mladé pivo (po 10 dnech fermentace) a zralé pivo (po 10 týdnech zrání)**.

6.2 Materiál a metody

6.2.1 Suroviny pro výrobu piva z ječného sladu

Slad český plzeňský – země původu: Česká republika; výrobce: Soufflet agro a.s., Záběhlická 19/29, 106 00 Praha 10, Česká republika

Chmel Premiant – země původu: Česká republika; výrobce: Bohemia Hop a.s., Mostecká 258, 438 01 Žatec, Česká republika

Kvasnice Pilsner style yeast spodní Brewmaster – země původu: Německo; výrobce: Erbslöh Geisenheim s.r.o., Erbslöhstraße 1, 65366 Geisenheim, Německo

Pitná voda nechlorovaná z vodovodního řádu

6.2.2 Suroviny pro výrobu piva z čočkového a fazolového sladu

Čočka velkozrnná (*Lens culinaris* L.) – země původu: Rusko; výrobce: Podravka-Lagris a.s., Dolní Lhota 39, 763 23, Česká republika; rok sběru: 2023

Fazole malá bílá (*Phaseolus vulgaris* L.) – země původu: Etiopie; výrobce: Lagris a.s., Dolní Lhota 39, 763 23, Česká republika; rok sběru: 2023

Enzymový preparát Saczyme PLUS – země původu: Norsko; výrobce: Novozymes a.s., Krogshøjvej 36, 2880 Bagsværd, Dánsko

Enzymový preparát Thermamyl SC DC – země původu: Norsko; výrobce: Novozymes a.s., Krogshøjvej 36, 2880 Bagsværd, Dánsko

Vzorky piva z ječného sladu

Pitná voda nechlorovaná z vodovodního řádu

6.2.3 Přístroje a pomůcky

Váhy Kern PFB 1200-2 (Kern & Sohn GmbH, Německo)

Sušárna horkovzdušná ArgoLab TCN, bez ventilátoru, Giorgio Bormac, Itálie

pH metr Foodcare HI 99161 (Hanna Instruments, USA)

Centrifuga EBA 21 (Hettich, Německo)

Digital refractometer Kern ORF 45BE (Kern & Sohn GmbH, Německo)

Alcolyzer Anton Paar (Anton Paar GmbH, Rakousko)

Water Activity Meter (AquaLab, Decagon Devices, Inc., USA)

Spektrofotometr Ultrascan PRO (HunterLab, USA)

Zrací komora Standard equipment CLN 53, POL-EKO Aparatura, Polsko

Plastové centrifugační zkumavky s víčky o objemu 50 ml (Verkon s.r.o., Česká republika)

Plastová klíčidla z PET lahví s pravidelným perforacemi o stejném objemu (2,5 l) a počtu perforací (120)

Nerezové varné nádoby 4 l

Nerezový cedník o objemu 2,5 l (průměr 25 cm)

Bavlněné pleny (150 g/m²) pro zefektivnění oddělení kalů v rámci filtrace mladiny po chmelovaru

6.3 Výroba modelových vzorků pív s luštěninovými slady

Celkem byly vyrobeny vzorky pív ze tří druhů sladů, a to z běžného ječného sladu, čočkového a fazolového sladu. Základem byl vždy ječný slad, ke kterému bylo poté přidáváno různé množství čočkového/fazolového sladu vždy v koncentracích 10, 25, 50 % (w/w).

6.3.1 Postup přípravy sladu z čočky a fazolí

První krok spočíval v máčení luštěnin (1 kilogram luštěniny na 3 litry vody), které probíhalo u čočky po dobu 12 hodin a u fazole po dobu 24 hodin. Obě luštěniny byly máčeny do 100% nárůstu hmotnosti (stupeň domočení 100 %). Následovalo scezení a poté klíčení. Luštěniny byly klíčeny v plastových klíčidlech (PET, pravidelně proděravěná). Teplota klíčení čočky byla udržována na 25 ± 1 °C po dobu 48 hodin. Fazole byla klíčena při stejné teplotě jako čočka jen doba klíčení byla delší a to 72 hodin. Posledním krokem bylo hvozdnění, které u čočky probíhalo při teplotě 50 ± 1 °C po dobu 300 minut a u fazole při teplotě 50 ± 1 °C po dobu 360 minut. Hotové slady byly skladovány v uzavíratelném plastovém boxu a následně byly zpracovány na sladinu do 14 dní od výroby.



Obrázek 2 Fazolový slad

(zdroj: foto – autor)



Obrázek 3 Čočkový slad

(zdroj: foto – autor)

6.3.2 Postup výroby modelových vzorků piv s luštěninovými slady

Nejdříve bylo nutné sešrotovat luštěninové a ječné slady, které byly následně smíseny s odpovídajícím podílem vody a vyhřáty na 85 °C. Při této teplotě byl přidán enzymový preparát Thermamyl (α -amyláza, v koncentraci 25 ml/100 kg). Po dobu 60 minut byl rmut udržován při teplotě 85 ± 2 °C. Následně byl ochlazen na 65 °C, při této teplotě byl přidán preparát Saczyme (β -amyláza, v koncentraci 40 ml/100 kg). Byla opět uskutečněna výdrž po dobu jedné hodiny. Po této době byl k luštěninovému rmutu přidán zbytek recepturní vody a sešrotovaný světlý český ječný slad. Teplota v tuto chvíli odpovídala 40–50 °C (teplá vystírka). Postupně došlo k vyhřátí na nižší cukrotvornou teplotu 62–65 °C. Výdrž u této teploty byla 20 minut. Dále byl rmut rmutován při vyšší cukrotvorné teplotě 70–75 °C a odřmutován po dobu 10 minut při teplotě 80 °C. Rmut byl následně scezován a vyslazen horkou vodou tak, aby nedošlo k naředění extraktu (horká voda jen do objemu odpařené

v rámci rmutování). Chmelovar byl proveden při 100 °C, při běžném atmosférickém tlaku. Přídavek chmele byl uskutečněn ve dvou dávkách. První byla sladina chmelena chmelem Sládek v množství 90 g na 100 l. Chmelovar probíhal 60 minut. Následně byl přidán jemně aromatický chmel Žatecký poloranný červeňák na posledních deset minut chmelovaru. Mladina byla filtrována přes plátina (odstranění hrubého kalu) a síta. Ochlazením byl oddělen i jemný kal. Ochlazená mladina byla inokulována kvasnicemi Kvasnice Pilsner style yeast spodní Brewmaster v doporučeném množství od výrobce (10 g na 10 l mladiny). Fermentační teplota byla určena na 10 ± 2 °C. Fermentace probíhala po dobu 10 dní. Zrání probíhalo při teplotě 4 °C po dobu 10 týdnů.

6.3.3 Postup výroby modelového vzorku piva z ječného sladu

Pivo bez přídavku luštěnin bylo vyrobeno infuzním způsobem bez působení enzymových preparátů Saczyme a Thermomyl. Teplota vystírání byla opět 40–50 °C. Poté následovalo vyhřátí na nižší cukrotrnou teplotu 62–65 °C a vyšší cukrotrnou teplotu 70–75 °C (oba s výdrží 20 minut). Odrmutovací teplota působila opět 10 minut. Stejně jako u sladin s luštěninou bylo provedeno scezení a vyslazení mláta. Chmelovar byl proveden při 100 °C, při běžném atmosférickém tlaku. Přídavek chmele byl uskutečněn ve dvou dávkách. První byla sladina chmelena chmelem Sládek v množství 90 g na 100 l. Chmelovar probíhal 60 minut. Následně byl přidán jemně aromatický chmel Žatecký poloranný červeňák na posledních deset minut chmelovaru. Mladina byla filtrována přes plátina (odstranění hrubého kalu) a síta. Ochlazením byl oddělen i jemný kal. Ochlazená mladina byla inokulována kvasnicemi Kvasnice Pilsner style yeast spodní Brewmaster v doporučeném množství od výrobce (10 g na 10 l mladiny). Fermentační teplota byla určena na 10 ± 2 °C. Fermentace probíhala po dobu 10 dní. Zrání probíhalo při teplotě 4 °C po dobu 10 týdnů.

6.4 Fyzikálně-chemické metody analýzy

Základní fyzikálně-chemické analýzy byly provedeny v jednotlivých časech odběrů vzorků. Odběry vzorků byly prováděny ve fázích: mladiny, mladého piva a zralého piva. Bylo stanoveno Total Dissolved Solids (dále je jako TDS), pH, refraktometrická sušina, množství etanolu a hustota.

6.4.1 Stanovení pH

Stanovení hodnot pH bylo prováděno pomocí vpichového pH metru (pH meter, HI 99161, Foodcare, Hanna Instruments, USA). Měření bylo uskutečněno před odstředěním vzorků a u každého vzorku bylo toto měření opakováno třikrát ($n = 3$).

6.4.2 Stanovení TDS

Hodnoty TDS byly určeny pomocí konduktometrické elektrody (CyberScan CON 110, Eutech Instruments, Thermo Scientific, USA). Měření probíhalo před odstředěním jednotlivých vzorků a bylo u každého vzorku provedeno ve třech opakováních ($n = 3$).

6.4.3 Stanovení refraktometrické sušiny

Refraktometrická sušina byla stanovena pomocí digitálního refraktometru (Digital refractometer Kern ORF 45BE, Kern & Sohn GmbH, Německo). Před samotným měřením byly vzorky odstředěny na centrifuze při 5000 ot./min po dobu 20 minut. Poté bylo pomocí kapátka aplikováno definované množství vzorku, ze kterého byla následně změřena hodnota refraktometrické sušiny. U každého vzorku bylo měření opět provedeno ve třech opakováních ($n = 3$).

6.4.4 Stanovení hustoty a obsah etanolu

K měření parametrů jako je obsah etanolu a hustota, byl použit přístroj Anton Paar Density Meter DMA 4500 M vybavený modulem Alcoalyzer Beer ME. Přístroj funguje na principu selektivní absorpční metody, blízké infračervené spektroskopie. Před provedením analýzy byly vzorky centrifugovány při 5000 ot./min. po dobu 20 minut. U všech analyzovaných vzorků bylo měření provedeno ve třech opakováních ($n = 3$).

6.5 Stanovení turbidimetrického zákalu

Zákal byl vyhodnocen pomocí turbidimetru TURB 430 IR, který je vybaven infračervenou LED lampou podle normy ISO 7027-1:2016 (Pereira et al., 2020) nefelometrickou metodou. Hodnoty zákalu byly vyjádřeny nefelometrickými jednotkami zákalu. U všech vzorků proběhlo měření třikrát ($n = 3$).

6.6 Stanovení barvy (spektrofotometrická metoda)

Barva byla stanovena pomocí spektrofotometru HunterLab UltraScan Pro Color. Hodnocení bylo provedeno díky použití barevné stupnice CIE ($L^* a^* b^*$) s osvětlením D65 (běžné denní světlo) a úhlem 10 °C. Parametr L^* vyznačuje barevné spektrum od černé (0) po bílou (100). Barevné spektrum parametru a^* je od zelené (-) po červenou (+) a parametr b^* vyznačuje barevné spektrum od modré (-) po žlutou (+) (Puerari et al., 2012). Přístroj musel být před použitím kalibrován v režimu odrazivosti s vyloučením zrcadlového odrazu pomocí bílých a černých referenčních desek. Analýza proběhla u všech zkoumaných vzorků třikrát ($n = 3$).

6.7 Senzorická analýza

Zkoumanými parametry v senzorické analýze byly: chuť, vzhled, vůně a celkový subjektivní dojem. Toto hodnocení bylo provedeno celkem 12 školenými hodnotiteli (7 žen a 5 mužů) ve věku 21–51 let. Vzorky byly nalévány do skleněných nádob (50 ml). Podávány byly v náhodném pořadí při stálé teplotě 20 ± 2 °C. Senzorické hodnocení bylo uskutečněno v laboratoři senzorické analýzy vybavené podle normy ISO 8589, 2007. Použitým neutralizátorem zde byla voda. Testování jednotlivých vzorků bylo vždy odděleno 10minutovou pauzou z důvodu vyhnutí se možné únavy chuťových buněk. Pomocí pětibodové stupnice kvality produktu byly hodnoceny následující parametry: chuť, vůně a vzhled. Hodnocení celkového subjektivního dojmu bylo vyhodnoceno pomocí devítibodové stupnice, kde znamenalo 1–mimořádně dobrý a 9–mimořádně špatný (viz Příloha PI a PII: Senzorický dotazník a záznamová tabulka).

7 VÝSLEDKY A DISKUZE

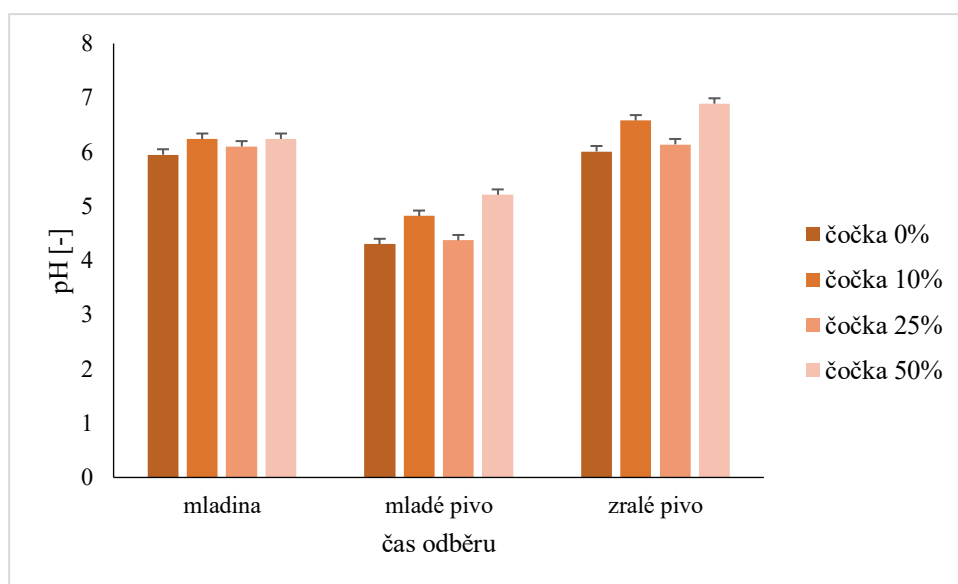
Náplní této bakalářské práce byla výroba vzorků pív s čočkovým a fazolovým sladem. Základem všech vzorků byl běžný ječný slad (v různém poměru). Vždy jeden vzorek z celé řady sloužil jako vzorek kontrolní, tudíž neobsahoval žádný podíl luštěninových sladů. Přidávky atypických sladů připravených konkrétně z čočky a fazole byly vybrány z důvodu dosažení prototypů nových netradičních pív. U všech vzorků byly provedeny fyzikálně-chemické analýzy v časových intervalech: mladina, mladé pivo a zralé pivo (kapitoly 6.4, 6.5). U zralého piva byla navíc provedena také senzorická analýza všech vyrobených vzorků (kapitola 6.6).

7.1 Vyhodnocení chemických a fyzikálně-chemických metod

U všech vzorků byly provedeny analýzy v časových intervalech: mladina, mladé pivo a zralé pivo. Tedy v technologicky významných fázích výroby.

7.1.1 Vyhodnocení pH modelových vzorků pív

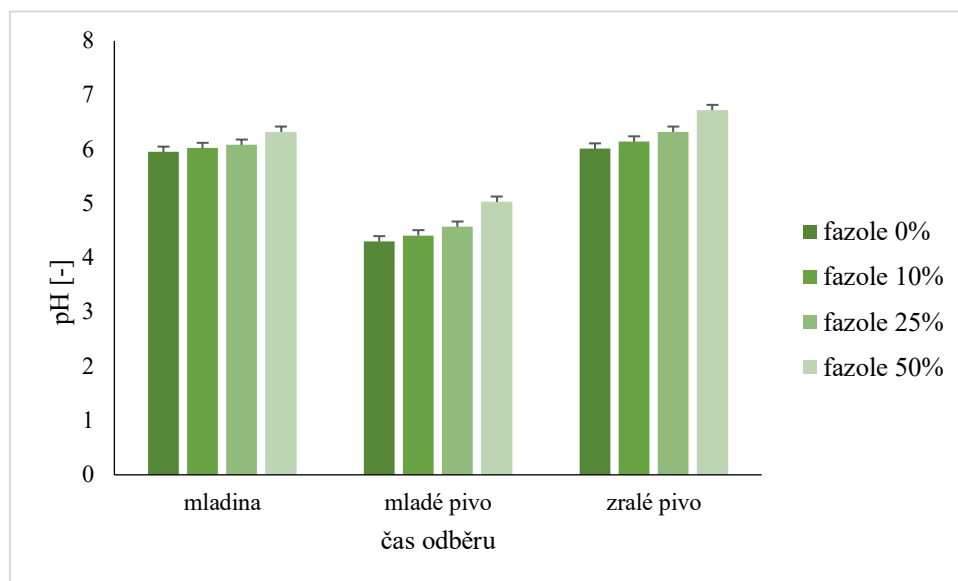
Ve vzorcích pív s čočkovým a fazolovým sladem bylo ve fázích výroby mladina, mladé pivo a zralé pivo zkoumáno pH. Naměřené hodnoty pH u všech čtyř vzorků pív s čočkovým sladem jsou uvedeny na Obrázku 4 a naměřené hodnoty pH pro piva s fazolovým sladem jsou uvedeny na Obrázku 5.



Obrázek 4 Vývoj pH v čase odběrů vzorků s čočkovým sladem

(vzorek čočka 0 % je vzorek piva bez přísadků luštěninového sladu)

Z grafu (Obr. 4) vyplývá, že hodnoty pH jednotlivých vzorků v čase odběru „mladina“ nebyly nějak výrazně rozdílné (nezávisle na přídavku atypického sladu). Ke snížení pH došlo u vzorků ve fázi výroby „mladé pivo“, kdy vznikají v této fázi výroby i kyselé produkty fermentace (Basařová et al., 2021). Totožný trend mohl být pozorován u všech analyzovaných vzorků a následně došlo k výraznému nárůstu hodnot pH opět u všech vzorků v čase odběru „zralé pivo“. Důvodem mohl být nárůst alkoholu, který prostředí alkalizuje. Alkohol je amfoterní látkou (působí jako kyselina i jako báze) a má schopnost alkalizovat prostředí daného roztoku. V čisté podobě je alkohol považován za neutrální (pH okolo 7,00), ovšem při rozpuštění v dané kapalině může mírně ovlivnit pH výsledného roztoku (ELUC, [b.r.]). V případě vzorku piva s nejvyšším přídavkem čočkového sladu (50 %) byla stanovená hodnota pH u mladiny $6,24 \pm 0,01$, kdy následoval výrazný pokles na $5,21 \pm 0,02$ v čase odběru „mladé pivo“ a poté došlo opět k ráznému nárůstu hodnoty pH na $6,89 \pm 0,01$ u již zralého piva. Podobný průběh byl vypořizován i u vzorků s přídavky čočkového sladu v koncentracích 10 % a 25 %. U vzorků s 10% přídavkem čočkového sladu byly hodnoty pH v časových intervalech odběrů v rozmezí 6,24–6,58 a u vzorků s 25% přídavkem byly hodnoty pH v rozmezí 6,10–6,14. U kontrolního vzorku (bez přídavku luštěninového sladu) byly naměřené hodnoty pH o něco nižší, a to ve všech časových odběrech. Vzorek mladiny měl pH $5,95 \pm 0,02$ u odběru vzorku v čase „mladého piva“ bylo pH $4,30 \pm 0,04$ a u zralého piva tato hodnota vystoupala na $6,01 \pm 0,01$. Ve studii Trummer et al. (2021) byla naměřena nejnižší hodnota pH $5,58 \pm 0,01$ a to u vzorku ječné mladiny. Zvýšení pH bylo pozorováno po přídavcích čočkového sladu, kdy byly hodnoty pH stanoveny na $5,82 \pm 0,01$ (u přídavku 10 %) a $5,98 \pm 0,01$ (u přídavku 20 %) (Trummer et al., 2021). Je tedy zřejmé, že čím větší byly přídavky čočkového sladu, tím vyšší byly naměřené hodnoty pH. Značné rozdíly zde mohou být způsobeny odlišnými použitými koncentracemi čočkového sladu, různou dobou klíčení čočky a již vyšším pH použitého ječného sladu (základ výrobku). Dle studie Gasiński a Kawa-Rygielska (2022) by se pH mladiny z ječného sladu mělo pohybovat v rozmezí 5,4–6,0 (Gasiński a Kawa-Rygielska, 2022), což náš kontrolní vzorek mladiny z ječného sladu splňoval.



Obrázek 5 Vývoj pH v čase odběrů vzorků s fazolovým sladem

(vzorek 0 % je vzorek piva bez přídavku luštěninového sladu)

Jak je znázorněno v grafu (Obr. 5), tak hodnoty pH u vzorků s přídavkem fazolového sladu měly podobný vývoj jako u vzorků s čočkovým sladem. Počáteční pH vzorků ve fázi „mladiny“ se mezi sebou významně nelišilo. Opět došlo ke snížení pH v průběhu fáze „mladé pivo“ u všech analyzovaných vzorků a následně k výraznému nárůstu hodnot pH u všech vzorků v čase odběru „zralé pivo“. V případě vzorku piva s 50% fazolovým sladem byla stanovená hodnota pH u mladiny $6,32 \pm 0,01$. Následoval výrazný pokles na $5,03 \pm 0,02$ v čase odběru „mladé pivo“ a poté se hodnota pH opět zvýšila na $6,72 \pm 0,02$ u již zralého piva. U vzorků s přídavky fazolového sladu v koncentracích 10 % a 25 % došlo k totožným změnám hodnot pH. U vzorků s 10% přídavkem fazolového sladu byly hodnoty pH v časech odběrů v rozmezí 6,02–6,14 a u vzorků s 25% přídavkem byly hodnoty pH v rozmezí 6,08–6,32. Celkově byly hodnoty pH u vzorků z fazolového sladu o něco nižší (s výjimkou mladiny s 50% přídavkem, kdy byla hodnota vyšší) než u vzorků s přídavkem sladu čočkového. Z důvodu chybějících studií sledujících pH piv s přídavkem fazolového sladu (z fazole bílé) proběhne srovnání hodnot vzorků získaných v rámci tohoto experimentu s hodnotami sladu vyrobeného z mungo fazolí. Ve studii Kayode a Oyetayo (2016) bylo zjištěno u mladiny s přídavkem mungo fazolí snížení hodnoty pH v průběhu kvašení. Hodnota klesla z původních $6,87 \pm 0,02$ na $4,73 \pm 0,02$ v průběhu třetího dne kvašení. Sedmý den došlo k opětovnému nárůstu pH na $6,13 \pm 0,02$. Tyto poklesy a následné vzrůsty mohou být způsobeny produkcí organických kyselin a následně ethanolu a amoniaku v průběhu fermentace (John a Olusegun, 2016). Zvýšené hodnoty pH ve vzorcích s 50% podílem

luštěninových sladů po ukončení procesu zrání mohou být důsledkem tvorby alkalických metabolitů vznikajících během fermentace a následného biochemického dozrávání piva. Luštěninové slady jsou charakteristické vyšším obsahem bílkovin a dusíkatých látek v porovnání s klasickým ječmenným sladem (Duranti, 2006; Carbonaro et al., 2012). Tento zvýšený proteinový obsah může vést k intenzivnější proteolýze během kvašení, přičemž uvolněné aminokyseliny a peptidy mohou být mikroorganismy dále metabolizovány za vzniku bazických látek, jako je amoniak (NH_3), primární aminy nebo biogene aminy (Boulton a Quain, 2006; Duranti, 2006; Suzuki, 2011; Carbonaro et al., 2012; Kunze, 2014; Pires & Brányik, 2015; Gardini et al., 2016; Zhao et al., 2018; Liu et al., 2020).

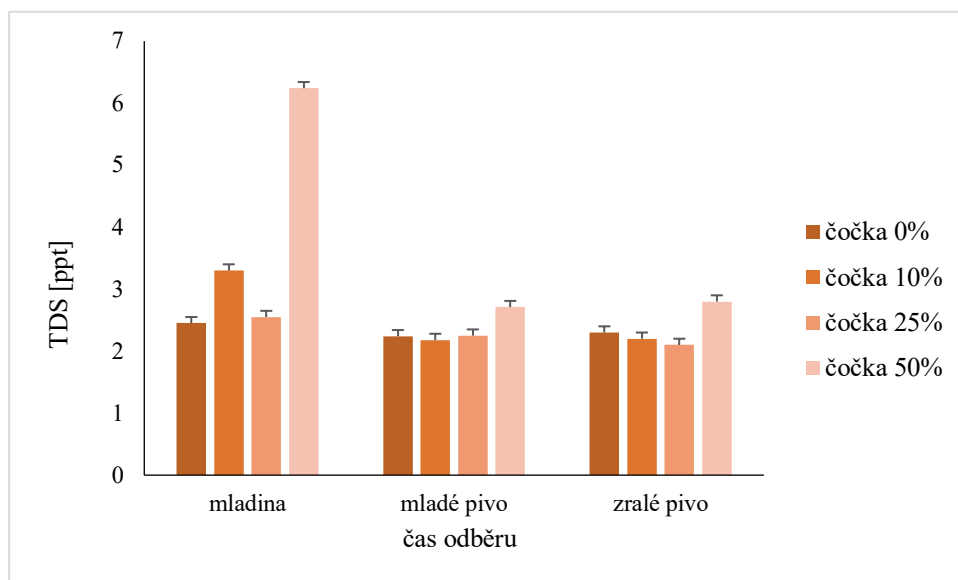
Tvorba amoniaku v průběhu fermentace je přirozeným vedlejším produktem metabolizace aminokyselin kvasinkami *Saccharomyces*, zejména transaminací a deaminací aminokyselin jako je glutamin, asparagin nebo alanin (Boulton a Quain, 2006). Amoniak jako slabá zásada může vést k mírnému zvýšení pH prostředí, zejména v systémech s vysokým obsahem dusíkatých prekurzorů, což je v případě luštěninových sladů vysoce pravděpodobné (Zhao et al., 2018). Kromě toho mohou k vyššímu pH přispět i další zásadité produkty fermentace, jako jsou některé polyaminy (např. putrescin, kadaverin), vznikající mikrobiální dekarboxylací aminokyselin (Gardini et al., 2016).

Dalším faktorem, který může ovlivňovat pH v pozdějších fázích výroby, je nižší acidifikační kapacita piva v důsledku snížené produkce organických kyselin – především kyseliny mléčné a octové – což může být způsobeno odlišnou mikrobiální dynamikou v přítomnosti netradičních surovin (Suzuki, 2011). Luštěninové slady mohou také modifikovat pufrací kapacitu výsledného produktu díky obsahu fosfátů a dusíkatých sloučenin, čímž dále ovlivňují stabilitu pH (Kunze, 2014).

Z výše uvedeného vyplývá, že zvýšení hodnot pH v pivech s vyšším podílem luštěninových sladů může být nejpravděpodobněji souhrnným výsledkem zvýšené proteolytické aktivity, mikrobiálního metabolismu dusíkatých látek a změněné acidobazické rovnováhy během fermentace a zrání. Bylo by vhodné doplnit hodnoty pH pomocí specifických analytických metod zaměřených na kvantifikaci amoniaku, biogenních aminů a celkového obsahu volných aminokyselin ve vzorcích. Tyto analýzy bude vhodné provést v navazujících experimentech, které budou rozšiřovat tuto pilotní studii.

7.1.2 Výsledky TDS modelových vzorků pív

Dalším zkoumaným parametrem bylo TDS. Jde o celkové množství rozpustných látek ve vodě. Výsledné hodnoty TDS pro čočkový slad jsou znázorněny na Obrázku 6 a pro fazolový slad na Obrázku 7.



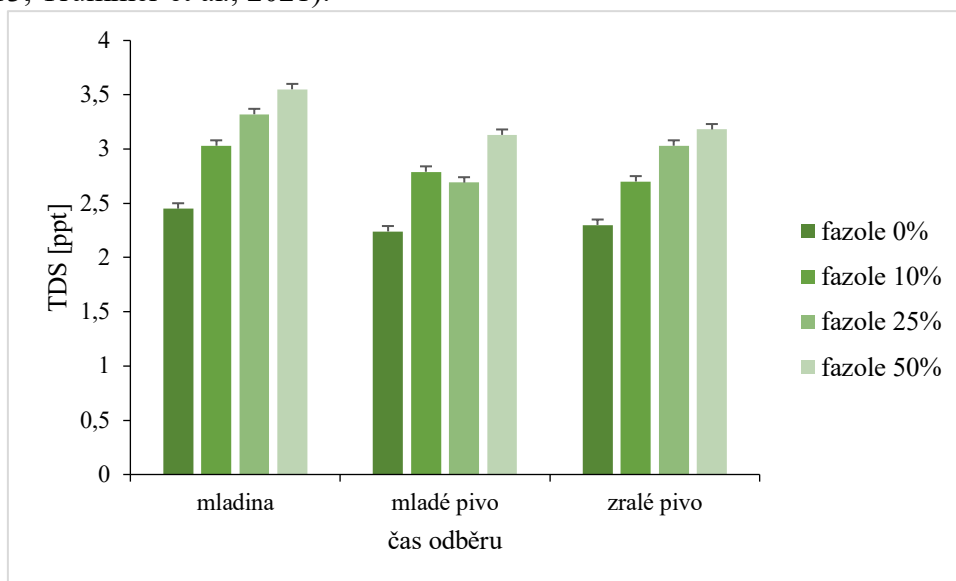
Obrázek 6 Vývoj TDS v čase odběrů vzorků s čočkovým sladem

(vzorek čočka 0 % je vzorek piva bez přídavku luštěninového sladu)

Z grafu (Obr. 6) vyplývá, že největší nárůst hodnot TDS nastal u 50% čočkového sladu. Naměřené hodnoty v jednotlivých časových odběrech byly následující: 6,24±0,02 ppt (mladina), 2,71±0,06 ppt (mladé pivo) a 2,80±0,07 ppt (zralé pivo). V případě kontrolního vzorku (bez přídavku luštěninového sladu) byly naměřené hodnoty stanoveny takto: 2,45±0,04 ppt (mladina), 2,24±0,05 ppt (mladé pivo) a 2,30±0,03 ppt (zralé pivo). V případě vzorku s 10% přídavkem čočkového sladu byly naměřené hodnoty 3,30±0,03 ppt (mladina), 2,18±0,03 ppt (mladé pivo) a 2,20±0,04 ppt zralé pivo. Vzorek s 25% přídavkem čočkového sladu měl následující hodnoty 2,55±0,05 ppt (mladina), 2,25±0,03 ppt (mladé pivo) a 2,10±0,02 ppt (zralé pivo). U časového odběru „mladé pivo“ nedošlo k výrazným rozdílům v měření u vzorků 0 %, 10 % a 25 % čočkového sladu. Největší rozdíl hodnot byl zaznamenán u piva s přídavkem 50 % v čase odběru „mladina“.

Změny TDS mezi jednotlivými naměřenými hodnotami u vzorků s čočkovým sladem jsou způsobeny změnami množství elektrolytů, a především změnami množství minerálních látek, které značně ovlivňují vodivost finálního výrobku. Mezi hlavní zástupce minerálních látek (obsažených v čočkovém sladu) ovlivňujících vodivost piva s čočkovým sladem patří: K, Ca, Na, Mg a Zn. V průběhu procesu výroby piva z čočkového sladu dojde k postupnému

uvolnění těchto látek a k následnému mírnému poklesu hodnot TDS. Důvodem poklesu hodnot TDS je především vysrážení těchto látek v kalech (scezováním) (Sheng-Dun et al., 2013; Trummer et al., 2021).



Obrázek 7 Vývoj TDS v čase odběrů vzorků s fazolovým sladem

(vzorek fazole 0 % je vzorek bez přídavku luštěninového sladu)

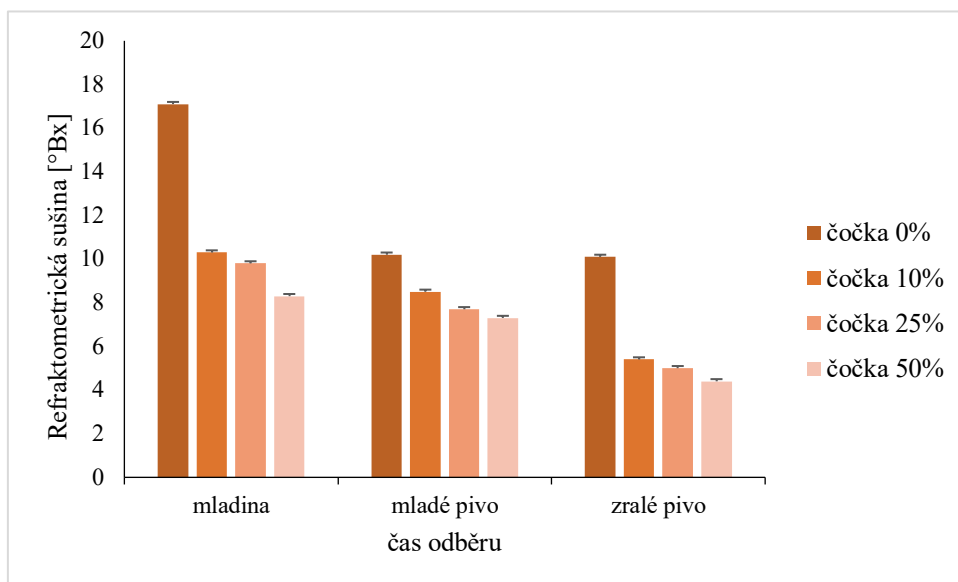
Z hodnot znázorněných v grafu (Obr. 7) vyplývá, že nejvyšší hodnoty TDS byly naměřeny u vzorků s 50 % fazolového sladu (tedy největší přidávané množství) a nejvyšší hodnota byla pozorována ve fázi mladiny. Hodnoty vzorků s 10% fazolovým sladem byly následné: $3,03 \pm 0,01$ ppt (mladina), $2,79 \pm 0,02$ ppt (mladé pivo) a $2,70 \pm 0,03$ ppt (zralé pivo). U piva s 25 % fazolového sladu došlo k mírnému zvýšení hodnot na $3,32 \pm 0,11$ ppt u vzorku ve fázi mladiny, dále hodnota opět poklesla na $2,69 \pm 0,02$ ppt a poté se zvýšila (stejně jako u ostatních koncentrací) na $3,03 \pm 0,01$ ppt.

Změny naměřených hodnot TDS u jednotlivých vzorků s fazolovým sladem mohou být zapříčiněny měnícím se obsahem minerálních látek (především K, Ca, Mg, PO_4^{3-} , SO_4^{2-}), elektrolytů či pevných látek rozpustných ve vodě, jež mají za následek zvýšenou vodivost (Lin et al., 2014). Jedním z hlavních důvodů poklesu hodnot TDS v rámci monitorovaných fází výroby je využití těchto látek kvasinkami pro enzymatické reakce (ovlivnění fermentace a chuti výsledného piva) a vysrážení těchto látek v kalech (scezováním).

Ovšem jednotlivé změny v hodnotách TDS (vzhledem k velikosti jednotky zkoumaného parametru), lze považovat za velmi malý pokles či mírné kolísání hodnot.

7.1.3 Vyhodnocení refraktometrické sušiny modelových vzorků piv

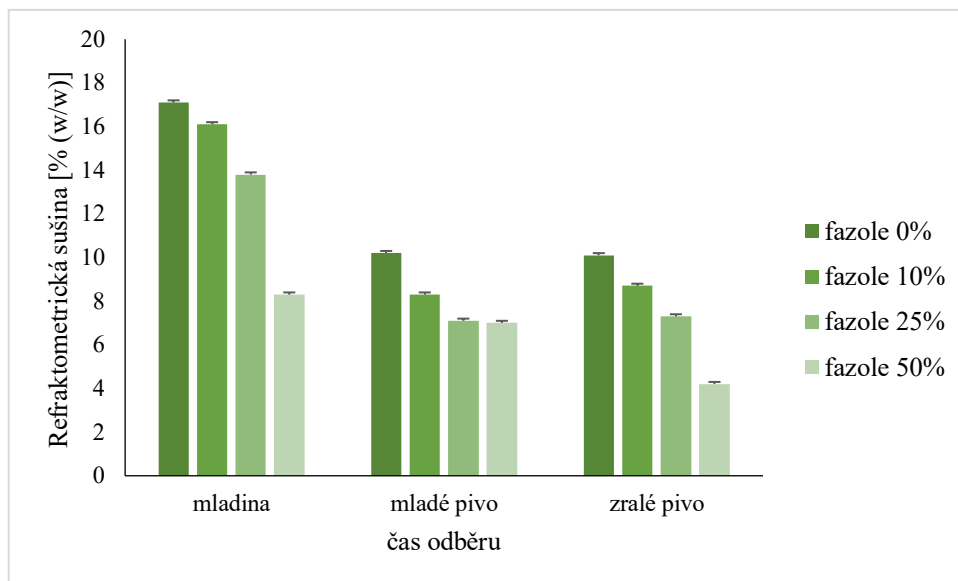
Jedná se o veličinu, udávanou ve stupních Brix ($^{\circ}\text{Bx}$). Slouží ke zjištění koncentrace extraktu ve zkoumaném vzorku (hodnota rozpuštěných látek, zjištěná pomocí digitálního refraktometru). Stanovení refraktometrické sušiny vzorků s přísávkou čočkového sladu je znázorněno na Obrázku 8 a pro vzorky s přísávkou fazolového sladu na Obrázku 9.



Obrázek 8 Vývoj refraktometrické sušiny v čase odběrů vzorků s čočkovým sladem

(vzorek čočka 0 % je vzorek piva bez přísávkou luštěninového sladu)

V grafu (Obr. 8) je jasné patrné, že čím vyšší byly přísávky čočkového sladu, tím hladina refraktometrické sušiny klesala. Nejnížší hodnoty byly spozorovány u vzorků s 50% přísávkou čočkového sladu. Nejvyšší hodnoty byly naměřeny u kontrolního vzorku (bez přidání luštěninového sladu), kde se pohybovaly v rozmezí 17,10–10,10 ($^{\circ}\text{Bx}$). Důvodem nižších hodnot refraktometrické sušiny v mladinách s přísávkou čočky je nižší extraktivnost čočkového sladu (menší podíl rozpustných látek pocházejících z čočkového sladu). I když byla zachována celková hmotnost navážky použitých sladů, mladina vykazovala nižší hodnoty rozpustné sušiny a tím i menší kvasný potenciál.



Obrázek 9 Vývoj refraktometrické sušiny v čase odběrů vzorků s fazolovým sladem

(vzorek fazole 0 % je vzorek piva bez přídavku luštěninového sladu)

V grafu (Obr. 9) jsou uvedeny hodnoty refraktometrické sušiny u vzorků s přídavkem fazolového sladu a kontrolního vzorku. Trend vývoje v rámci výroby mladiny i fermentace a zrání vzorků s přídavkem fazolového sladu je obdobný k těm obsahujícím čočkový slad. Nejnižší hodnoty byly naměřeny u vzorků s 50% přídavkem fazolového sladu, kdy v časech odběru (mladina–zralé pivo) byly stanoveny v rozmezí 8,30–4,20 (°Bx). U zkoumaných vzorků s 10 % fazolového sladu byly naměřené hodnoty v rozmezí 16,10–8,7 (°Bx). Srovnáme-li hodnoty mladiny bez přídavku fazolí, zjistíme, že rostoucím přídavkem sladu z fazolí na úkor ječmenného sladu, klesalo množství zkvasitelných cukrů.

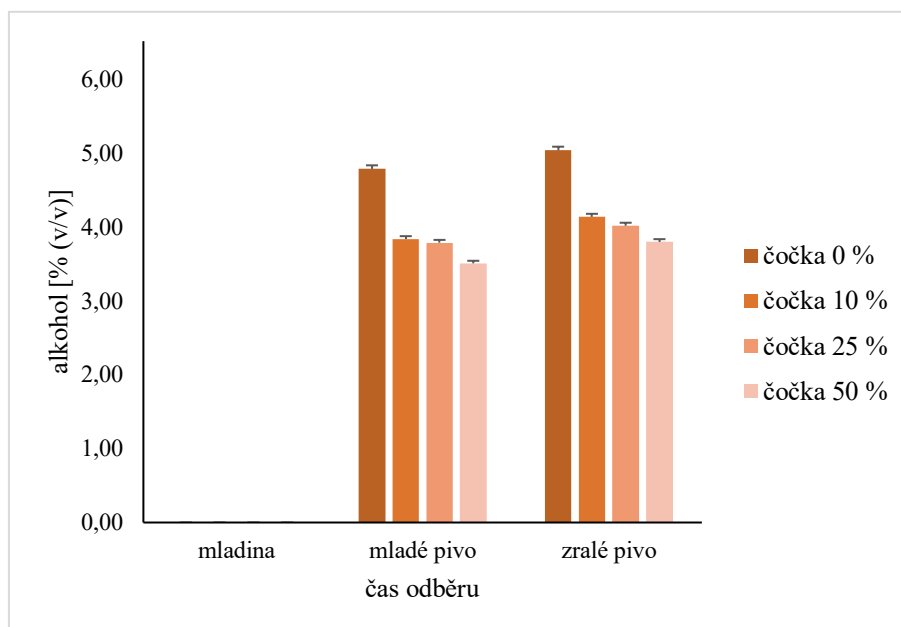
Ve studii Gasiński a Kawa-Rygielska (2022) zjistili shodně s výsledky experimentu realizovaného v rámci této bakalářské práce, že všechny vzorky sladiny vyrobené z luštěninových sladů vykazovaly nižší hodnoty refraktometrické sušiny, než očekávali (Gasiński a Kawa-Rygielska, 2022).

Vzorky piva s přídavkem luštěninových sladů vykazovaly nižší hodnoty refraktometrické sušiny ve srovnání s kontrolním vzorkem bez jejich použití. Tato skutečnost pravděpodobně souvisí s nižší schopností luštěninových sladů uvolňovat zkvasitelné cukry, a to i přes aplikaci hydrolytických enzymů a optimalizaci teplotních podmínek při rmutování. Ve srovnání s tradičním ječmenným sladem mají luštěninové slady odlišné škrobové a enzymatické složení, které může limitovat jejich konverzi na zkvasitelné sacharidy.

7.2 Vyhodnocení hustoty a obsahu etanolu

Obsah etanolu a hustota byly stanoveny pomocí přístroje Anton Paar s modulem Alcoalyzer Beer ME. Následně proběhlo dopočítání dalších parametrů (reálný a zdánlivý extrakt, reálný a zdánlivý stupeň fermentace a kalorická hodnota). Vyhodnocení naměřených i dopočítaných hodnot (pomocí výše zmíněného přístroje) je vyobrazeno na následujících obrázcích a v tabulkách.

Níže uvedený graf (Obrázek 10) znázorňuje změny obsahu etanolu v jednotlivých vzorcích s čočkovým sladem a v kontrolním vzorku (bez čočkového sladu) v důležitých fázích výroby.



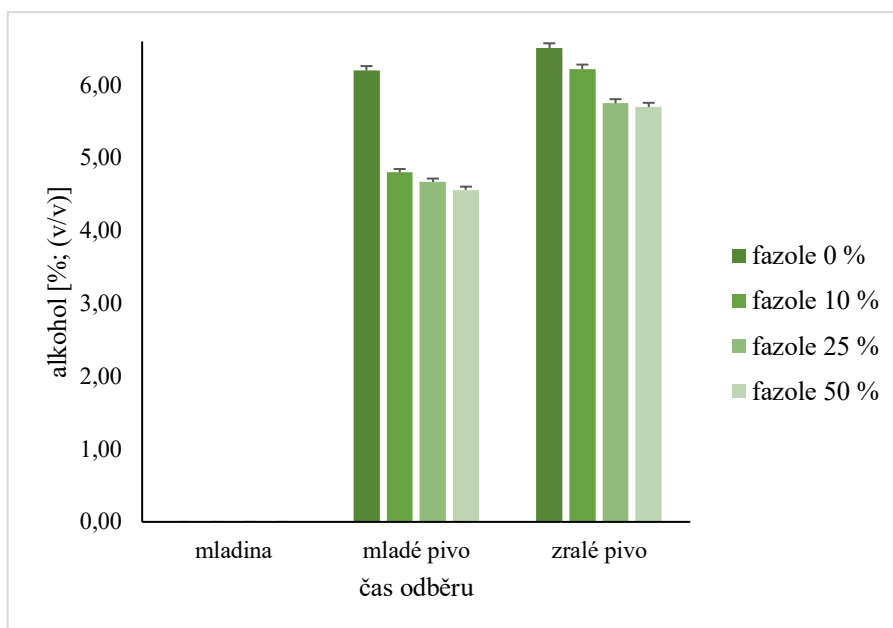
Obrázek 10 Vývoj množství etanolu v čase odběrů vzorků s čočkovým sladem

(vzorek čočka 0 % je vzorek piva bez přídavku luštěninového sladu)

V případě všech vzorků s i bez čočkového sladu byly naměřené hodnoty v čase prvního odběru („mladina“) $0 \pm 0,01$ % (v/v). V průběhu fermentace docházelo u všech zkoumaných vzorků k nárůstu hodnot etanolu, což je typický jev pro tento druh produktu. Největší nárůst byl zaznamenán u kontrolního vzorku, kde obsah etanolu vystoupal až na $5,04 \pm 0,01$ % (v/v). U vyšších přídavek čočkového sladu docházelo k naměření menšího množství etanolu. V čase odběru „zralé pivo“ byly naměřeny následující hodnoty: vzorek s 10 % čočkového sladu měl $4,14 \pm 0,01$ % (v/v), vzorek s přídavkem 25 % obsahoval $4,02 \pm 0,01$ % (v/v) a nejmenší množství etanolu konkrétně $3,80 \pm 0,01$ % (v/v) bylo naměřeno u vzorku s 50 % čočkového sladu.

Dle studie Gasiński a Kawa-Rygielska (2024) je obsah alkoholu u vzorků piv s čočkovým sladem ovlivněn již nižším obsahem výchozího extraktu mladiny. Vyšší množství extraktu v mladině vede k vyššímu obsahu alkoholu výsledného produktu, jelikož kvasinky *Saccharomyces cerevisiae* mají více cukrů vhodných k přeměně na etanol. V případě čočkových piv bylo zjištěno, stejně jako u nás, nižší množství alkoholu v porovnání s běžným pivem z ječného sladu. Dále v této studii bylo zjištěno, že obsah extraktu piv s čočkovým sladem byl nižší o 30 % než u tradičního piva, zatímco množství alkoholu bylo u čočkových piv nižší až o 48 %. Z tohoto plyne, že v průběhu rmutování se do čočkové mladiny přeneslo více extraktu s látkami, které kvasinky nebyly schopné zkvasit (Gasiński a Kawa-Rygielska, 2024). Je tedy zřejmé, že vyššími přídávky čočkového sladu, docílíme snížení množství alkoholu ve výsledném produktu.

V následujícím grafu (Obr. 11) je vyobrazen vývoj obsahu etanolu v jednotlivých vzorcích s i bez fazolového sladu.



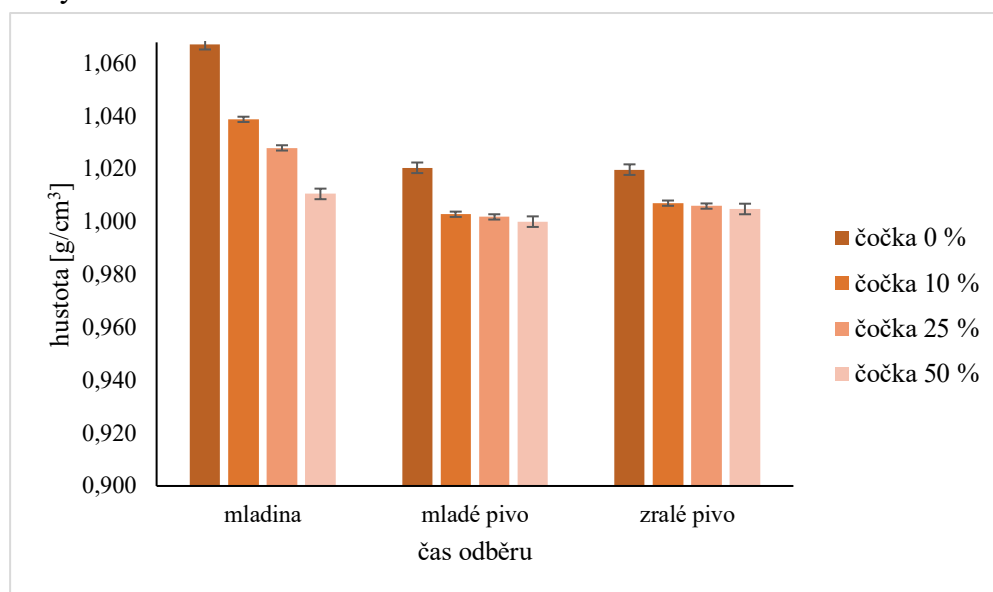
Obrázek 11 Vývoj množství etanolu v čase odběrů vzorků s fazolovým sladem

(vzorek fazole 0 % je vzorek piva bez přídatku luštěninového sladu)

Stejně jako u vzorků s/bez přídatku čočkového sladu byly i zde naměřené hodnoty v čase prvního odběru („mladina“) logicky 0 % (v/v). V průběhu dalších odběrů docházelo u všech zkoumaných vzorků k nárůstu hodnot etanolu díky procesu fermentace a zrání (v rámci této fáze méně, než po hlavní kvašení). Největší nárůst v rámci hlavní fermentace a zrání byl opět zaznamenán u kontrolního vzorku. Dále bylo možné pozorovat opět vývoj

etanolu nepřímo úměrný přidavku fazolového sladu. Příčina bude stejná, jako v případě čočkového sladu. Nižší obsah ethanolu v modelových vzorcích „fazolového“ piva spočívá v tom, že samotná mladina nedisponuje tolika zkvasitelnými cukry jako mladina vyrobená pouze z ječného sladu, tím pádem kvasinky ani nemohou vyrobit stejné, nebo vyšší množství alkoholu (Gasiński a Kawa-Rygielska, 2024).

Níže v grafu (Obr. 12) je uveden vývoj hustoty vzorků s/bez čočkového sladu v jednotlivých časech odběrů.

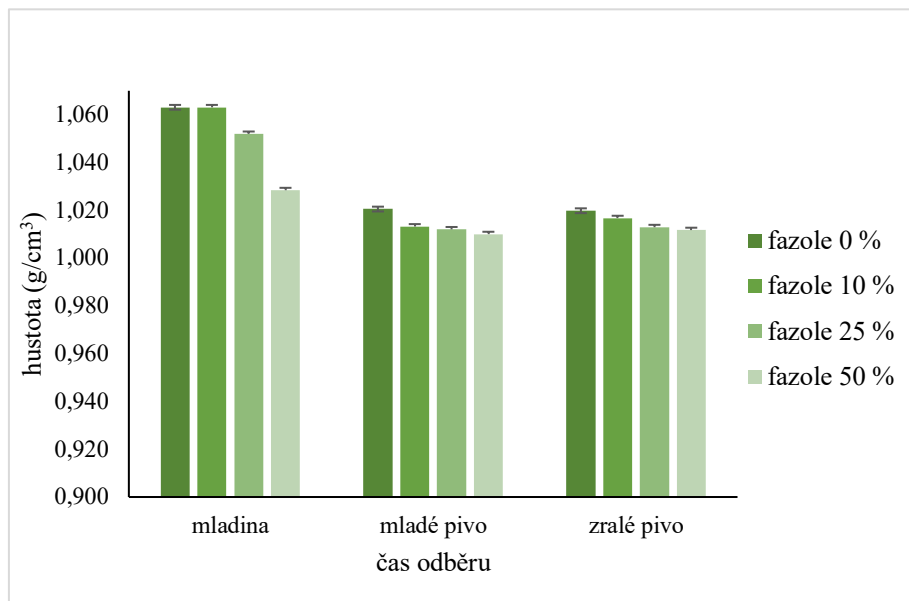


Obrázek 12 Vývoj hustoty v čase odběrů vzorků s čočkovým sladem

(vzorek čočka 0 % je vzorek piva bez přidavku luštěninového sladu)

Nejvyšší naměřené hodnoty byly u všech vzorků v čase odběru „mladina“, kdy nejvyšší z nich: $1,06730 \pm 0,00012 \text{ g/cm}^3$ byla u kontrolního vzorku. Tyto hodnoty korelují s hodnotami refraktometrické sušiny. Hustota poté klesala v rámci fermentace. V případě fáze zrání se už moc neměnila. K poklesu hustot u všech zkoumaných vzorků došlo nejspíše z důvodu produkce ethanolu v průběhu fermentace. Ve studii Gasiński a Kawa-Rygielska, 2024 zjistili, že rozdíly v hustotě mezi běžným pivem (z ječného sladu) a čočkovým pivem by mohly být způsobeny jednak rozdílným obsahem extraktu v hotovém produktu, ale také rozdílným obsahem alkoholu, který přirozeně snižuje hustotu piva (Gasiński a Kawa-Rygielska, 2024).

V následujícím grafu (Obr. 13) je znázorněn vývoj hustoty u modelových vzorků s/bez fazolového sladu v různých časech odběrů vzorků.



Obrázek 13 Vývoj hustoty v čase odběrů vzorků s fazolovým sladem

(vzorek fazole 0 % je vzorek piva bez přídavku luštěninového sladu)

Trend vývoje hustoty v rámci vzorků s různými přídavky i v rámci různých fází výroby je totožný s pivy s přídavky čočkového sladu. Pokles hustot v mladinách s přídavky fazolového sladu je způsoben nižší extraktivností tohoto sladu. Pokles hustoty v rámci výroby je pak způsoben růstem obsahu etanolu, který má nižší hustotu než voda (Gasiński a Kawa-Rygielska, 2024).

V následující tabulce (Tabulka 1) jsou uvedeny výsledky energetických hodnot pro vzorky piv s čočkovým i fazolovým sladem. Tyto hodnoty byly dopočítány pomocí softwaru přístroje Anton Paar z hodnot hustoty a obsahu alkoholu.

Tabulka 1 Vývoj kalorické hodnoty u hotových vzorků piva s luštěninovými slady

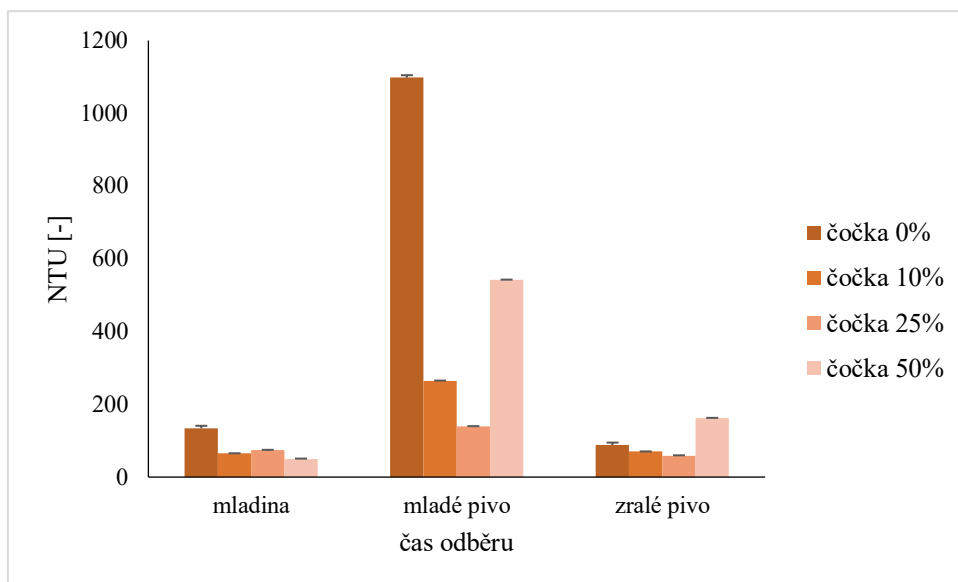
Vzorek	Energetická hodnota [kJ/100 ml]	Vzorek	Energetická hodnota [kJ/100 ml]
čočka 0 %	267,70	fazole 0 %	267,70
čočka 10 %	184,21	fazole 10 %	247,62
čočka 25 %	176,46	fazole 25 %	219,80
čočka 50 %	170,62	fazole 50 %	200,37

Kontrolní vzorek piva s běžným ječným sladem měl nejvyšší naměřenou energetickou hodnotu. Hodnoty všech vzorků s přísávkou luštěninových sladů byly nižší než u kontrolního vzorku. Kalorické hodnoty vzorků s čočkovým sladem byly následující: 184,21 kJ/100 ml (vzorek s 10 % čočkového sladu), 176,46 kJ/100 ml (vzorek s 25 % čočkového sladu) a 170,62 kJ/100 ml (vzorek s 50 % čočkového sladu). Naměřené hodnoty vzorků s fazolovým sladem byly následující: 247,62 kJ/100 ml (vzorek s 10 % fazolového sladu), 219,80 kJ/100 ml (vzorek s 25 % fazolového sladu) a u vzorku s 50 % fazolového sladu byla naměřená hodnota 200,37 kJ/100 ml. Z výše uvedených dat je zřejmé, že bližší kalorické hodnoty k pivu z běžného ječného sladu měly vzorky piv s přísávkou fazolového sladu.

Studie Gasiński a Kawa-Rygielska (2024) byla zaměřena na zkoumání jednotlivých parametrů v čočkovém pivu a jedním z nich byla i kalorická hodnota. I v této studii došli ke shodnému názoru, že piva s čočkovým (luštěninovým) sladem mají nižší kalorickou hodnotu než tradiční pivo z ječného sladu. Nižší obsah kalorií ve finálním produktu je v současné době obvykle brán jako žádoucí, protože díky nižšímu množství kalorií může mít takové pivo úspěch u lidí, kteří chtějí snížit svůj kalorický příjem (Gasiński a Kawa-Rygielska, 2024).

7.3 Vyhodnocení turbidimetrického zákalu modelových vzorků pív

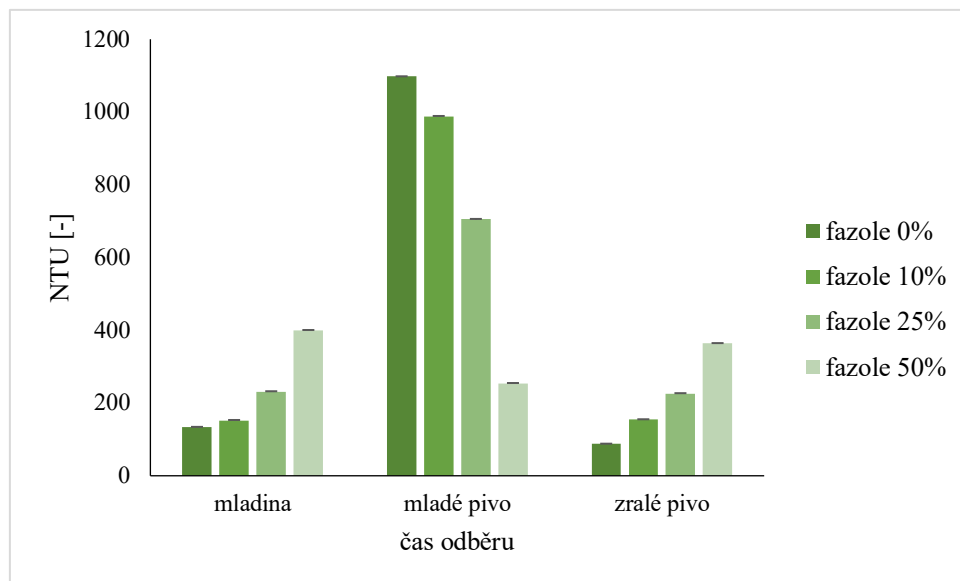
Dalším analyzovaným parametrem byl turbidimetrický zákal, který ovlivňuje nejen vzhled, ale i celkovou spotřebitelskou přijatelnost výsledného nápoje. Vyhodnocení turbidimetrického zákalu pro čočkový slad je znázorněno na Obrázku 14 a pro fazolový slad na Obrázku 15.



Obrázek 14 Vývoj turbidimetrie v čase odběrů vzorků s čočkovým sladem

(vzorek čočka 0 % je vzorek piva bez přídavku luštěninového sladu)

Jak lze vidět na grafu (Obr. 14 a 15) výsledky zákalů měřených vzorků měly stejný trend vývoje. Hodnoty zákalu rostly a následně klesaly, což bylo způsobeno ještě probíhající fermentací v čase odběru „mladé pivo“. Zákal byl tedy umocněn probíhající fermentací. Zatím co u vzorků po zrání došlo k vyčerení díky působení etanolu.



Obrázek 15 Vývoj turbidimetrie v čase odběrů vzorků s fazolovým sladem

(vzorek 0 % fazole je vzorek piva bez přídavku luštěninového sladu)

Ve studii Trummer et al. (2012) byl zkoumán zákal ve vzorcích piva bez i s přídavkem čočkového sladu. Ovšem u vzorku piva bez přídavku čočkového sladu byla naměřena hodnota $16,0 \pm 1,2$ NTU. Při přídavcích čočkového sladu docházelo k výraznému snížení zákalu. U přídavku 10 % čočkového sladu došlo ke snížení hodnoty na $12,4 \pm 0,4$ NTU a u přídavku 20 % došlo ještě k většímu snížení zákalu, a to až na hodnotu $6,0 \pm 1,6$ NTU. Snižování hodnot zákalu mohlo být způsobeno tvorbou menšího počtu drobných částic při mletí čočkového sladu. Jelikož při mletí běžného ječného sladu dochází ke vzniku značného množství mouky, zatímco při mletí čočkového sladu toto nebylo pozorováno (Trummer et al., 2021). Velké rozdíly mezi výsledky studie Trummer et al. (2021) a výsledky hodnot této práce jsou způsobeny i tím, že vzorky piva nebyly žádným způsobem stabilizovány (filtrovány ani pasterovány). Zákal byl tedy vyšší a výsledky nejsou překvapivé.

7.4 Vyhodnocení stanovení barvy

Naměřené hodnoty tohoto parametru jsou zaznamenány níže v tabulkách (Tabulka 2 a Tabulka 3).

Tabulka 2 Vývoj barvy u vzorků s čočkovým sladem

Vzorek	L*			a*			b*		
	Mladina	Mladé pivo	Zralé pivo	Mladina	Mladé pivo	Zralé pivo	Mladina	Mladé pivo	Zralé pivo
čočka 0 %	82,16	85,62	85,61	-1,99	-2,76	-2,03	28,55	25,24	24,20
čočka 10 %	84,70	85,09	85,09	-2,67	-2,73	-1,84	33,67	25,09	30,07
čočka 25 %	83,98	85,48	85,48	-2,44	-3,02	-2,32	29,61	25,18	22,98
čočka 50 %	84,93	84,08	84,08	-2,72	-3,07	-0,28	38,42	30,03	43,50

V případě přidavků čočkového sladu došlo v průběhu fermentace u hodnot L* (světlost nápoje), k nepatrnému nárůstu. Při odběru ve fázi mladiny měly vzorky s přidavkem čočkového sladu vyšší hodnoty než kontrolní vzorek, ovšem v průběhu dalších odběrů tomu tak již nebylo. Naměřené hodnoty a* (zelená až červená oblast), byly všechny zaznamenány v zelené oblasti, tedy -a*. Nejnížší hodnoty byly naměřeny při odběru vzorků ve fázi „mladé pivo“, kdy s postupným přidavkem čočkového sladu hodnoty více klesaly. Nejvyšší hodnota byla zaznamenána u vzorku s 50 % čočkového sladu v čase odběru „zralé pivo“. Bylo možné pozorovat nárůst parametru a* (zelená až červená oblast) u tohoto vzorku v rámci výroby piva (nárůst během fermentace a zrání). Vzorky v případě hodnot b* (modrá až žlutá oblast), byly všechny ve žluté oblasti spektra tedy + b*. Při přidavcích čočkového sladu byly sledovány výkyvy u naměřených hodnot v průběhu fermentace. Nejnížší hodnota byla naměřena u vzorku s 25 % čočkového sladu v čase odběru „zralé pivo“. Nejvyšší hodnota byla zaznamenána u vzorku s přidavkem 50 % čočkového sladu v čase odběru „zralé pivo“.

Ve studii Mockus et al. (2024) zkoumali změnu barvy čočky v průběhu fermentace (24 a 48 hodin). Došli k závěru, že s delší dobou fermentace došlo k postupnému snižování hodnot L* a b* a k zvýšení hodnot a*. Světlejší barva mohla být způsobena postupnými ztrátami živin či jiných sekundárních metabolitů (polyfenolické sloučeniny) v průběhu fermentace. V důsledku čehož docházelo tedy i k zisku světlejší barvy u výsledného produktu s přidavkem čočky (Mockus et al., 2024).

Tabulka 3 Vývoj barvy u vzorků s fazolovým sladem

Vzorek	L*			a*			b*		
	Mladina	Mladé pivo	Zralé pivo	Mladina	Mladé pivo	Zralé pivo	Mladina	Mladé pivo	Zralé pivo
fazole 0 %	84,93	85,62	85,61	-1,99	-2,76	-2,03	28,55	24,13	29,82
fazole 10 %	84,22	84,97	84,97	-2,03	-2,78	-1,75	30,61	27,48	25,80
fazole 25 %	83,51	84,88	84,88	-1,62	-2,73	-1,91	31,90	27,10	26,43
fazole 50 %	82,89	85,86	85,86	-1,46	-2,21	-1,68	28,99	18,18	22,32

V případě přidavků fazolového sladu došlo v průběhu fermentace u hodnot L* (světlost nápoje), k nárůstu u všech zkoumaných vzorků. Vzorky s přidavkem 10 % a 25 % fazolového sladu měly nižší hodnoty než kontrolní vzorek. K významnějším změnám v průběhu měření došlo u vzorku s přidavkem 50 % fazolového sladu, který měl hodnoty vyšší. Naměřené hodnoty a*, byly všechny zaznamenány v zelené oblasti, tedy -a*. Nejnižší hodnoty byly naměřeny při odběru vzorků ve fázi „mladé pivo“. Nejvyšší hodnota byla zaznamenána u vzorku s 50 % fazolového sladu v čase odběru „mladina“. Obecně tedy lze konstatovat, že vzorky s přidavkem fazolového sladu v průběhu fermentace a zrání netmavly. V případě hodnot b*, byly všechny vzorky ve žluté oblasti tedy + b*. U kontrolního vzorku došlo nejdříve k poklesu a poté následoval nárůst hodnoty, to stejné bylo sledováno i u vzorku s 50 % fazolového sladu, ovšem zde hodnota v čase odběru „zralé pivo“ byla vyšší než při odběru „mladé pivo“, ale nižší než u vzorku „mladina“. Při přidavcích 10 % a 25 % fazolového sladu došlo k postupnému snižování hodnot v průběhu fermentace. Je tedy zřejmé, že v případě tohoto sledovaného parametru docházelo u vzorků s fazolovým sladem k poklesu hodnot v rámci průběhu fermentace a zrání výrobku. U vzorků s fazolovým sladem byla vždy naměřená hodnota v čase odběru „zralé pivo“ nižší, než v čase odběru „mladina“. Nejnižší hodnota byla naměřena u vzorku s 50 % fazolového sladu v čase odběru „mladé pivo“. Nejvyšší hodnota byla zaznamenána u kontrolního vzorku (bez fazolového sladu) v čase odběru „zralé pivo“.

Zhang et al. (2019) v rámci své studie zabývající se pivy s přidavkem mungo fazolí zjistili, že při delším tepelném zpracování mungo fazolí došlo ke zesvětlení jejich barvy, v důsledku čehož došlo i k zesvětlení finálního produktu do kterého byly tyto fazole přidávány. Světlejší barva mohla být způsobena interakcí bílkovin s malými molekulami a dalšími reaktivními látkami v průběhu tepelného zpracování (Zhang et al., 2019). Z tohoto

vyplývá, že rmutování fazolí může vést ke světlejší barvě výsledného produktu, což u tradičního piva není žádoucí. Spotřebitelé by to mohli hodnotit jako vadu produktu.

7.5 Vyhodnocení senzorické analýzy

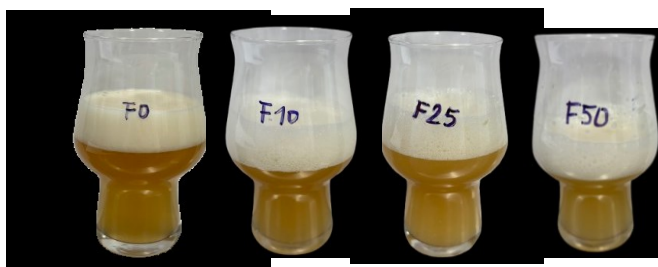
Hodnocení bylo provedeno dvanácti školenými hodnotiteli ve specializované senzorické laboratoři. Získaná data byla vyhodnocena pomocí paprskového grafu jako průměr hodnocení všech hodnotitelů ($n = 12$). Byly zde zkoumány následující parametry: stabilita pěny [s], výška pěny [cm], čírost, intenzita vůně, intenzita cizí vůně, intenzita hořkosti, intenzita plnosti, intenzita nasycení, intenzita cizí chuti a celkový dojem. Výšky pěny a stability pěny pro čočkový slad jsou popsány v Tabulce 6 a pro fazolový slad v Tabulce 7. Výsledky zbytku senzorického hodnocení pro čočkový slad jsou vyobrazeny na Obrázku 18 a pro fazolový slad na Obrázku 19.



Obrázek 16 Pivo s přídavkem čočkového sladu

(Č0 % - bez přídavku čočkového sladu, Č10 % – 10%
přídavek čočkového sladu, Č25 % – 25% přídavek
čočkového sladu, Č50 % – 50% přídavek čočkového sladu)

(zdroj: foto – autor)



Obrázek 17 Pivo s přídavkem fazolového sladu

(F0 % - bez přídavku fazolového sladu, F10 % – 10%
přídavek fazolového sladu, F25 – 25% přídavek fazolového
sladu, F50 – 50% přídavek fazolového sladu)

(zdroj: foto – autor)

Tabulka 4 Výška a stabilita pěny u vzorků s různou koncentrací čočkového sladu

	výška pěny [cm]	stabilita pěny [s]
čočka 0 %	2,5±0,1	70,0±2,0
čočka 10 %	3,0±0,1	75,0±1,0
čočka 25 %	4,0±0,1	100,0±2,2
čočka 50 %	4,5±0,1	120,0±2,1

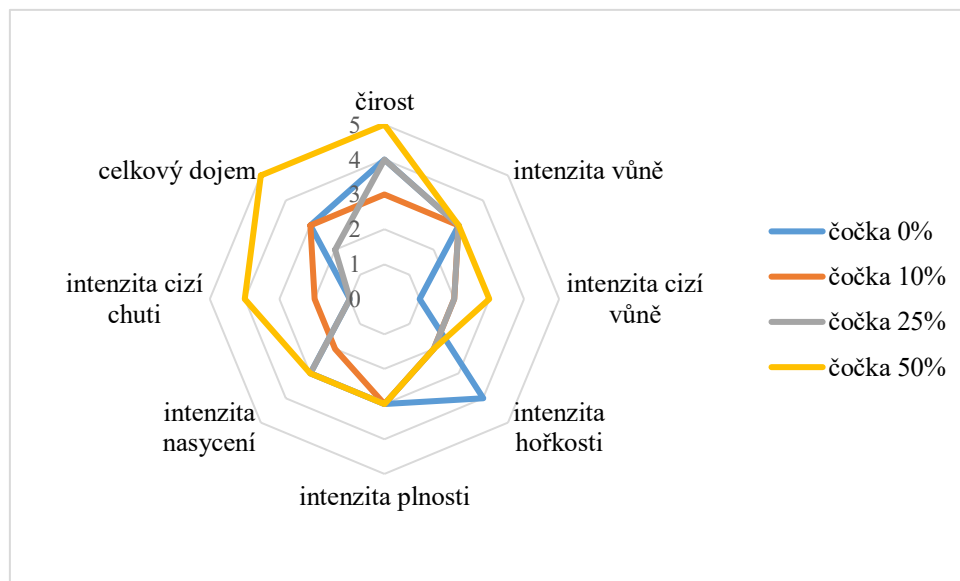
Prvními zkoumanými parametry byly: výška a stabilita pěny. Kdy bylo zjištěno, že s většími přídávky čočkového sladu docházelo k zvýšení pěny i k její delší stabilitě. U přídávku 50 % čočkového sladu došlo k největšímu nárůstu výšky pěny i k nejdelší stabilitě pěny. Výška pěny vzrostla až na 4,5±0,1 cm (vzorek s 50 % čočkového sladu) z původních 2,5±0,1 cm (vzorek bez přídávku čočkového sladu). U stability pěny došlo k prodloužení času z původních 70,0±2,0 s (vzorek bez přídávku luštěninového sladu) na 120,0±2,1 s (vzorek s 50% přídávkem).

Dle studie Trummer et al. (2021) je pěna považována za jednu z prvních vlastností, kterou spotřebitel u piva vnímá. Z tohoto důvodu pivovary usilují o co nejstabilnější a dlouhotrvající pěnu. V této studii byly považovány hodnoty stability pěny do 300 s za dobré a ty nad 300 s jako velmi dobré. U vzorku piva z tradičního ječného sladu trvala stabilita pěny 297,9 ± 0,5 s ovšem u vzorku s přídávkem 10 % čočkového sladu trvala stabilita 307,0 ± 0,3 s. Nejdelší doba stability pěny byla zaznamenána u vzorku s přídávkem 20 % čočkového sladu, kdy naměřená hodnota činila 316,3 ± 0,3 s. Je tedy zřejmé že čím větší bylo množství přidaného čočkového sladu, tím lepší byla stabilita a výdrž pěny. Jeden ze zaznamenaných faktorů zvyšující stabilitu pěny po přídávce čočkového sladu byl vyšší obsah polyfenolů (Trummer et al., 2021). V našem případě nedošlo k naměření takto dlouhé stability pěny, jelikož čočkové slady mohly být připraveny jiným způsobem a mohly obsahovat rozdílné základní suroviny na jejich výrobu. Důležité je že u obou případů došlo ke zlepšení hodnot stability po přídávce čočkového sladu (v různých koncentracích).

Tabulka 5 Výška a stabilita pěny u vzorků s různou koncentrací fazolového sladu

	výška pěny [cm]	stabilita pěny [s]
fazole 0 %	2,5±0,1	70,0±0,5
fazole 10 %	3,0±0,1	64,0±1,2
fazole 25 %	2,0±0,1	46,0±1,2
fazole 50 %	2,5±0,1	25,0±2,2

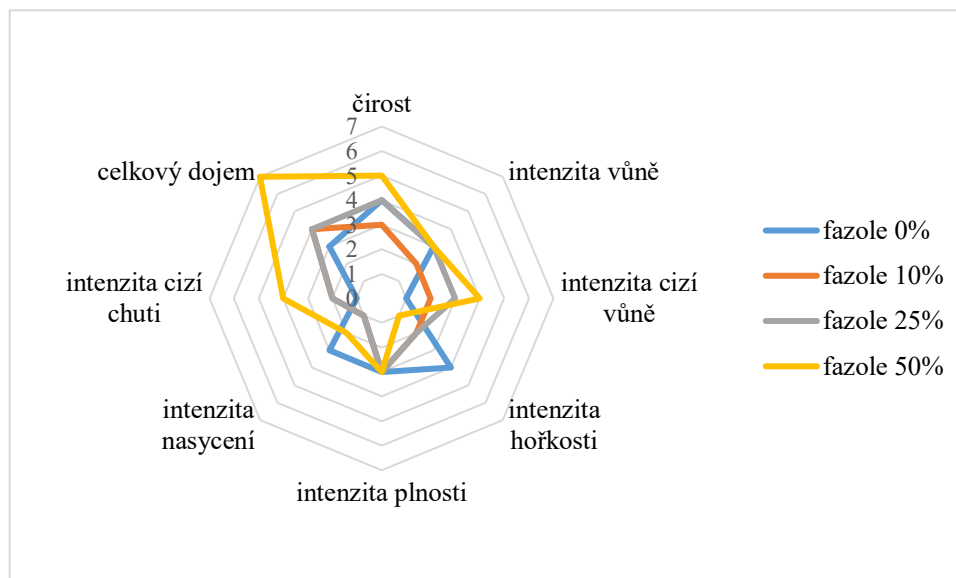
Při přidavcích fazolového sladu byly hodnoty výšky i stability pěny horší než po přidavcích čočkového sladu. Výška pěny nevykazovala se změnou přídatku fazolového sladu jednotný trend vývoje hodnot. Lze ale konstatovat, že přídatky fazolového sladu vedly ke zhoršení stability pěny na rozdíl od přídatků čočkového sladu, které stabilitu pěny výrazně zlepšovaly. Stabilita pěny se snížila z původních 70,0±0,5 s (vzorek bez fazolového sladu) na pouhých 25±2,2 s (50 % fazolového sladu). Zhoršení stability pěny mohlo být způsobeno vyšším obsahem fenolových sloučenin či změnou chemického složení v průběhu výroby fazolového sladu, bohužel chybí studie s použitím bílých fazolí, které by toto tvrzení potvrdily. Ovšem existuje studie Zhang et al. (2019), kde zkoumaly vliv mungo fazolí na stabilitu a kvalitu pěny. V této studii bylo zjištěno, že vaření mungo fazolí zlepšovalo schopnost tvorby a stabilitu pěny více než napařování. Po 25 minutách vaření bylo dosaženo u vzorku obsahujícího vařené mungo fazole pěnivosti 25,6 % a stability pěny 77,1 % (Zhang et al., 2019).



Obrázek 18 Senzorické hodnocení piva s čočkovým sladem

Pro vyhodnocení čirosti piva byla použita stupnice v rozsahu: čiré–silně zakalené. Nejčirější vzorek byl s přidavkem 10 % čočkového sladu. Pro hodnocení vůně a cizích pachů byla použita stejná stupnice v rozsahu: nepatrná–velmi silná. Kdy v případě přidavku čočkového sladu bylo toto hodnocení příznivé. Dalším zkoumaným parametrem byla hořkost, která byla ve všech vzorcích s čočkovým sladem vyhodnocena jako slabá. Intenzita plnosti piva byla ve všech vyrobených vzorcích (s i bez přidavků čočkového a fazolového sladu) hodnocena jako střední. Intenzita nasycení nápoje byla hodnocena pomocí stupnice: nepatrná–velmi silná, přičemž nejlépe dopadly vzorky s přidavky 25 % a 50 % čočkového sladu. Intenzita cizí chuti byla nejvyšší u piva s 50 % čočkového sladu, kde převažovala silná pachůť čočky nad charakteristickou chutí běžného piva, což většina hodnotitelů vyhodnotila jako negativní vlastnost produktu. Celkový dojem všech výrobků s čočkovým sladem byl vnímán vcelku příznivě.

Hodnocení vzorků piv s fazolovým sladem dopadlo hůře než senzorická analýza u vzorků s čočkovým sladem. Použité stupnice pro jednotlivá senzorická hodnocení naleznete níže v této práci jako přílohu (Příloha 1 Smyslové zkoušky piva s příměsí čočky a fazolí). Prvním zkoumaným parametrem byla i zde čirost, která byla nejlépe stanovena u vzorku s přidavkem 10 % fazolového sladu. Intenzita vůně a cizích pachů byla vnímána dobře, až na vzorek s 50 % fazolového sladu, kde byl hodnotiteli zaznamenán nepříjemný silný travnatý zápach. Intenzita hořkosti byla nejnižší v případě přidavku 50 % fazolového sladu.



Obrázek 19 Senzorické hodnocení piva s fazolovým sladem

Nasycení nápoje bylo u všech přísadků luštěninového sladu vyhodnoceno jako slabé až nepatrné. Cizí chuť byla zaznamenána opět u výrobku, který obsahoval 50 % luštěninového sladu, kdy hodnotitelům vadila velmi výrazná pachutí fazolí, což vedlo i ke špatnému hodnocení celkového dojmu výsledného produktu.

Výsledky studií Deoghare et al. (2025) souhlasně s námi došli k závěru, že na rozdíl od čočky zanechala fazole ve sladu a následně ve vzorcích piv z něho připraveného poměrně silnou nežádoucí pachutí, v důsledku čehož by měly být následující výzkumy zaměřeny na odstranění nepříjemných pachutí fazole z mladiny (Deoghare et al., 2025).

ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývá hodnocením prototypových vzorků piva připravených s využitím různých koncentrací luštěninových sladů. Teoretická část je zaměřena na souhrn základních poznatků o konvenčním ječném sladu, netradičních surovinách vhodných pro sladování, aktuálních trendech v oblasti pivovarnictví a technologii výroby piva z ječného sladu. Praktická část se věnuje výrobě modelových pivních vzorků za použití atypických sladů, konkrétně sladů z čočky a bílých fazolí, a jejich následné analýze pomocí vhodně zvolených analytických metod. Vzorky byly sledovány v klíčových fázích výroby – od mladiny až po finální, zralé pivo.

Ze získaných výsledků provedených analýz v praktické části této bakalářské práce je možné konstatovat následující:

Během fermentace piva s přídavkem luštěninových sladů bylo pozorováno snížení pH, zejména ve fázi mladého piva, kdy vznikaly kyselé vedlejší produkty. Jak fermentace pokračovala a pivo dozrávalo, hodnoty pH u všech vzorků výrazně vzrostly. Tento nárůst pravděpodobně souvisel se zvyšujícím se obsahem alkoholu, který má tendenci prostředí alkalizovat.

Hodnoty TDS (celkově rozpuštěných látek) se u vzorků s luštěninovým sladem během výroby mírně snížily, změny však nebyly zásadní.

Refraktometrická sušina s rostoucími přídavky luštěninových sladů klesala. Dále se během kvašení snižovala, přičemž největší pokles byl zaznamenán u vzorků s nejvyšším podílem luštěninového sladu.

Obsah alkoholu u všech vzorků během fermentace rostl díky přeměně cukrů na etanol působením kvasinek. U vzorků s přídavky luštěnin byl obsah alkoholu ve finálních výrobcích znatelně nižší, než byl stanoven u kontrolního vzorku. Důvodem je nízká extraktivnost luštěninových sladů, a tudíž i menší kvasný potenciál.

U vzorků s luštěninovými slady bylo také sledováno zakalení piva (turbidita). Ve fázi mladého piva hodnoty zakalení narůstaly kvůli probíhající fermentaci, zatímco po zrání se piva částečně vyčistila díky přítomnosti alkoholu.

Při hodnocení barvy byla u vzorků s nejvyšším přídavkem fazolového sladu naměřena velmi světlá barva, která byla z hlediska senzorické kvality vnímána negativně.

Senzorické hodnocení ukázalo, že piva s přídavkem fazolového sladu byla přijímána výrazně hůře než piva s čočkovým sladem. U fazolových vzorků hodnotitelé často zmiňovali rušivou, nepříjemnou „fazolovou“ pachut', která negativně ovlivnila celkový dojem. Naopak piva s čočkovým sladem byla hodnocena spíše pozitivně.

Přínosem této bakalářské práce je ověření možnosti využití luštěninových sladů jako alternativní suroviny při výrobě piva. Výsledky ukazují, že tyto netradiční slady mohou ovlivnit nejen fyzikálně-chemické ale i senzorické vlastnosti výsledného produktu. Práce zároveň poskytuje ucelený pohled na chování vzorků z luštěninových sladů v průběhu fermentace a dozrávání piva, čímž přispívá k rozvoji poznatků v oblasti inovací pivovarské technologie. Zjištění mohou být inspirací pro menší pivovary hledající nové chuťové profily nebo alternativní suroviny.

Další pokračování této práce by se mohlo zaměřit na podrobnější nutriční analýzu piv vyrobených z luštěninových sladů, zejména se zaměřením na obsah vlákniny, bílkovin a případných antinutričních látek, které jsou pro luštěniny typické. Dále by bylo vhodné zkoumat kombinaci luštěninových sladů s jinými netradičními surovinami, jako jsou pseudocereálie, koření či ovocné složky, a hodnotit jejich vliv na výživové a senzorické vlastnosti výsledného luštěninového piva. Zajímavou oblastí je také využití enzymatických úprav, které by mohly zlepšit průběh kvašení i chuťový profil piva. Součástí budoucích studií by mělo být i sledování dlouhodobé stability těchto piv během skladování a hodnocení jejich přijatelnosti ze strany spotřebitelů v širším měřítku.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

AICR. Food, nutrition, physical activity and the prevention of cancer: a global perspective: a project of World Cancer Research Fund International. Washington: American Institute for Cancer Research, 25, 2007. ISBN 09–722–5222–3.

ALLENBY, T. Totally lentil: Australia's first lentil beer released. Online. *Beer & Brewer*. 2017. Dostupné z: Totally lentil: Australia's first lentil beer released - Beer & Brewer. [cit. 2025–05–04].

ANNEMÜLLER, G., MANGER, H. J. Processing of various adjuncts in beer production. *Raw grain adjuncts – Sugars and sugar syrups – Malt substitutes*. 1st ed. VLB Berlin, 2013. ISBN–13: 978–3–921690–74–1.

ANONYM. Birra Cotta 37 from Umbria: the beer made with chickpeas. Online. Neuralword. 2020. Dostupné z: Birra Cotta 37 from Umbria: the beer made with chickpeas | NEURALWORD. [cit. 2025–05–04].

ARENDT, Elke a ZANNINI, Emanuele. *Cereal grains for the food and beverage industries*. Woodhead publishing series in food science, technology and nutrition. Cambridge: Woodhead Publishing. 2013. ISBN 978–0–85709–413–1.

ASOUZU, A. I.; UMERAH, N. N. Effects of Malting on Nutritional Characteristics of Pigeon Pea (*Cajanus cajan*). Online. *AJBGMB*. 2020, 3(2), p. 35–47. Dostupné z: 10.9734/ajbgmb/2020/v3i230083. [cit. 2025–04–02].

BASAŘOVÁ, G. et al.. *Pivovarsko–sladařská analytika*. 1. Praha: Merkanta, 1992, 385 s.

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

BASAŘOVÁ, G., HLAVÁČEK, I., BASAŘ, P., HLAVÁČEK, J. České pivo. Praha, 2011, s. 309. ISBN 978–80–87109–25–0.

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

BASAŘOVÁ, Gabriela; ŠAVEL, Jan; BASAŘ, Petr; BASAŘOVÁ, Pavlína a BROŽ, Adam. *Pivovarství: teorie a praxe výroby piva*. Vydání druhé, přepracované, doplněné a aktualizované. Praha: Havlíček Brain Team, 2021. ISBN 978–80–87109–71–7.

BENEŠOVÁ, Karolína; BĚLÁKOVÁ, Sylvie; MIKULÍKOVÁ, Renata a SVOBODA, Zdeněk. Aktivita proteolytických enzymů v průběhu sladování a výroby piva. Online. *Kvasný průmysl*. 2017. Dostupné také z: <https://kvasnyprumysl.cz/pdfs/kpr/2017/01/01.pdf>. [cit. 2025–04–02].

BENEŠOVÁ, Karolína; HARTMAN, Ivo; BĚLÁKOVÁ, Sylvie a MIKULÍKOVÁ, Renata. Charakteristika ječného sladu pomocí HPLC. Online. *Chemické listy*. 2014, s. 961–966. Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2014_10_961-966.pdf. [cit. 2025–03–14].

BLACK, Michael, John Derek BEWLEY a Peter HALMER. The Encyclopedia of Seeds: Science. *Technology And Uses*. Londýn: Cabi. 2006, s. 828. ISBN 978–0–85199–723–0.

BLŠÁKOVÁ, L.; GREGOR, T.; MEŠTÁNEK, M.; HRIVNA, L.; KUMBÁR, V. The Use of Unconventional Malts in Beer Production and Their Effect on the Wort Viscosity. *Foods*. 2021, 11, 31.

BOGDAN, Paulina a KORDIALIK–BOGACKA, Edyta. Alternatives to malt in brewing. Online. *Trends in Food Science & Technology*. 2017, roč. 65, s. 1–9. ISSN 09242244. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.05.001>. [cit. 2025–04–04].

BOULTON, C. a D. QUAIN. Brewing yeast and fermentation. Oxford: Blackwell Science. 2006. ISBN 978-0-632-06439-5.

BOULTON, Chris. Encyclopaedia of brewing. Hoboken: Wiley–Blackwell. 2013. ISBN 978–1–4051–6744–4.

BRÁNYIK T. a DOSTÁLEK P. Sladařství. Online. Ústav biotechnologie VŠCHT Praha. Dostupné na: <http://old.vscht.cz/kch/download/sylaby/sladarstvi.pdf>. [cit. 2025–03–21].

BRASIL, V.C.B.; GUIMARÃES, B.P.; EVARISTO, R.B.W.; CARMO, T.S.; GHESTI, G.F. Buckwheat (*Fagopyrum esculentum Moench*) characterization as adjunct in beer brewing. *Food Sci. Technol.* 2020, 41, 265–272.

BRIGGS, D. E., HOUGH, J. Malting and Brewing Science: Malt and Sweet Wort. č. sv. 1 v Malting and Brewing Science, *Springer*, 1981. ISBN 9780412165801.

BRIGGS, D. E. *Malts and malting*. London: New York : Blackie Academic. 1998. ISBN 04–122–9800–7.

BROŽOVÁ, M., MATOULKOVÁ, D., MIKYŠKA, A. & KYSELOVÁ, L. "Barley malt substitutes – their role today and in near future. Part 1 – Sugar adjuncts and barley, corn and rice as cereal adjuncts". Online. *Kvasný průmysl*. 2022, vol. 68, no. 2, pp. 602–618. Dostupné z: <https://doi.org/10.18832/kp2021.68.602>. [cit. 2025–03–22].

BUREŠOVÁ, I. a E. LORENCOVÁ. Výroba potravin rostlinného původu, Zpracování obilovin. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. 2013, s.79 – 88. ISBN 978–80– 7454–278–7.

CADENAS, Raquel; CABALLERO, Isabel; NIMUBONA, Dieudonné a BLANCO, Carlos A. Brewing with Starchy Adjuncts: Its Influence on the Sensory and Nutritional Properties of Beer. Online. *Foods*. 2021, roč. 10, č. 8. ISSN 2304–8158. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods10081726>. [cit. 2025–04–04].

CÂMARA, C. R. S. URREA, C. A. SCHLEGEL, V. Pinto Beans (*Phaseolus vulgaris L.*) as a Functional Food: Implications on Human Health. Online. *Agriculture*. 2013, 3, p. 90–111. Dostupné z: [10.3390/agriculture3010090](https://doi.org/10.3390/agriculture3010090) . [cit. 2025–03–27].

CANONICO, Laura; ZANNINI, Emanuele; CIANI, Maurizio a COMITINI, Francesca. Assessment of non–conventional yeasts with potential probiotic for protein–fortified craft beer production. Online. *LWT*. 2021, roč. 145. ISSN 00236438. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111361>. [cit. 2025–04–02].

CARBONARO, M., P. MASELLI a A. NUCARA. Protein digestibility and metabolic utilization. Online. *Food Chemistry*. 2012, 133(1), 25–31. ISSN 0308-8146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.12.015>. [cit. 2025–05–12].

CARVALHO, D. O. et al.. Overall Antioxidant Properties of Malt and How They Are Influenced by the Individual Constituents of Barley and the Malting Process. Online. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2016, 15, s. 927–943. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12218>. [cit. 2025–03–21].

CECCARONI, Dayana et al . Specialty rice malt optimization and improvement of rice malt beer aspect and aroma. Online. *Food Science & Technology*. 2019, vol. 99, s. 299–305. ISSN 0023–6438. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.09.060>. [cit. 2025–02–15].

CEJPEK, Karel. Vonné a chuťové složky sladů. Online. *Chemické listy*. 2014, vol. 108, 426–435. Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2014_05_426-435.pdf. [cit. 2025–01–28].

CIOCAN, M. E. et al. Use of Unmalted and Malted Buckwheat in Brewing. Online. *Applied Sciences*. 2023, 13 (4). Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/app13042199>. [cit. 2025–03–29].

CROONENBERGHS, Alejandro P; BONGAERTS, Dries; BOUCHEZ, Arne; DE ROOS, Jonas a DE VUYST, Luc. Fruit beers, beers with or without a co-fermentation step with fruits. Online. *Current Opinion in Biotechnology*. 2024, roč. 86. ISSN 09581669. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2024.103081>. [cit. 2025–04–05].

ČESKO. *Vyhláška č. 248/2018 Sb. o požadavcích na nápoje, kvasný ocet a droždí. 2018.* Dostupné také z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2018-248>. [cit. 2024–11–09]

ČÍŽKOVÁ, Hana; DOSTÁLEK, Pavel; FIALA, Jaromír a KOLOUCHOVÁ, Irena. Význam bílkovin z hlediska pěnivosti a stability pěny piva. Online. *Chemické listy*. 2006, vol. 100, s. 478–485. Dostupné z: <http://www.chemicke-listy.cz/ojs3/index.php/chemicke-listy/article/view/1909/1909>. [cit. 2025–03–16].

DABIJA, A.; CIOCAN, M.E.; CHETRARIU, A.; CODINĂ, G.G. Maize and sorghum as raw materials for brewing, a review. *Appl. Sci.* 2021, 11, 3139.

DEOGHARE, Nazia; SARLIN, Tuija a KROGERUS, Kristoffer. Evaluating the Potential of Legume-Based Wort for Brewing Applications. Online. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*. 2025, p. 1–16. ISSN 0361–0470. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/03610470.2024.2434329>. [cit. 2025–04–02].

DOSTÁLEK, P., D. GABROVSKÁ, J. RYSOVÁ et al. Determination of Gluten in Glucose Syrup. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2009, roč. 22, s. 762 – 765. ISSN 0889–1575.

DRAGOMIR, CH. N. et al. Composite Flours Based on Black Lentil Seeds and Sprouts with Nutritional, Phytochemical and Rheological Impact on Bakery/Pastry Products. Online. *Foods*. 2025, 14(2), 319. Dostupné z: [10.3390/foods14020319](https://doi.org/10.3390/foods14020319). [cit. 2025–03–27].

DRDÁK, M. *Základy potravinářských technologií: spracovania rostlinných a živočišných surovín, cereálne a fermentačné technológie uchovávanie, hygiena a ekológia potravín.* Bratislava: Malé Centrum, 1996. ISBN 80–967–0641–1.

DURANTI, M. Grain legume proteins and nutraceutical properties. *Fitoterapia*. 2006, 77(2), 67–82. ISSN 0367-326X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2005.11.008>. [cit. 2025–05–12].

DYR, Jiří. Chemie a technologie sladu a piva: Díl 1. Praha: VŠCHT, 1965. 236. ISBN 05–225–62

ELUC. Vlastnosti a reakce alkoholů. Online. *Elektronická učebnice chemie*. [b.r.]. Dostupné z: <https://eluc.ikap.cz/lekce/vlastnosti-a-reakce-alkoholu>. [cit. 2025–05–25].

ERSKINE, W., MUEHLBAUER, F., SARKER, A., SHARMA, B., The Lentil: Botany, Production and Uses. vyd. CABI: Wallingford, UK, 2009, 457 s. ISBN 978–1–84593–487–3.

EBLINGER, H.M., NARZIß, L. Beer. Online. In *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. 2009, (Ed.). Dostupné z: https://doi.org/10.1002/14356007.a03_421.pub2. [cit. 2025–03–25].

EUMANN, M.. "Water in brewing". Online. *Brewing: New Technologies*. Ed. C. Bamforth, Woodhead Publ Ltd, CAMBRIDGE. 2006, pp. 183–207. Dostupné z: <https://doi.org/10.1533/9781845691738.183>. [cit. 2025–03–12].

FULARA, K., CIOSEK, A., HRABIA, O., CIOCH–SKONECZNY, M., KLIMCZAK, K., POREDA, A. Quality Parametrs of Wort Produced with Lentil Malt with the Use of Some Enzymatic Preparations. Online. *Food*. 2025, 14 (5), 848. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods14050848>. [cit. 2025–03–31].

GARDINI, F., et al. Biogenic amines in fermented foods. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2016, 70(8), 865–871. ISSN 0954-3007. Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/ejcn.2016.43>. [cit. 2025–05–12].

GASIŃSKI, A., KAWA–RYGIELSKA, J. Mashing quality and nutritional content of lentil and bean malts. Online. *LWT – Food Science and Technology*. 2022, V. 169. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113927>. [cit. 2025–03–27].

GASIŃSKI, A., KAWA–RYGIELSKA, J., PASZKOT, J., PIETRZAK, W., ŚNIEGOWSKA, J. & SZUMNY, A. Second life of hops: Analysis of beer hopped with hop pellets previously used to dry–hop a beer. *Food science & technology*. [online]. 2022, vol. 159, pp. 113186. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113186>. [cit. 2025–03–11].

GASIŃSKI, Alan a KAWA–RYGIELSKA, Joanna. Assessment of green lentil malt as a substrate for gluten–free beer brewing. Online. *Scientific Reports*. 2024, Roč. 14, č. 1. ISSN 2045–2322. Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-50724-x>. [cit. 2025–04–01].

GASIŃSKI, Alan; BŁAŻEWICZ, Józef; KAWA–RYGIELSKA, Joanna; ŚNIEGOWSKA, Joanna a ZARZECKI, Maciej. Analysis of Physicochemical Parameters of Congress Worts Prepared from Special Legume Seed Malts, Acquired with and without Use of Enzyme Preparations. Online. *Foods*. 2021, roč. 10, č. 2. ISSN 2304–8158. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods10020304>. [cit. 2025–04–01].

GEORGIEVA, Rada; NEDYALKOV, Petar; SHOPSKA, Vesela Nevelinova a KANEVA, Maria. Effect of blueberries addition during beer maturation on yeast metabolism. Online. *Food Science and Applied Biotechnology*. 2021, roč. 4, č. 2, s. 105–110. ISSN 2603–3380. Dostupné z: <https://doi.org/10.30721/fsab2021.v4.i2.134>. [cit. 2025–04–05].

GLISZCZYŃSKA–ŚWIGŁO, Anna; KLIMCZAK, Inga; KLENSPORF–PAWLIK, Dorota a RYBICKA, Iga. Quality characteristics and consumer perception of non–alcoholic beers in the context of responsible alcohol consumption. Online. *Scientific Reports*. 2025, roč. 15, č. 1. ISSN 2045–2322. Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-89833-0>. [cit. 2025–04–06].

GOODE, D. L. and ARENDT, E. K. 3– Developments in the supply of adjunct materials for brewing. Online. *Brewing, New Technologies*. 2006, p. 30–67. Dostupné z: <https://doi.org/10.1533/9781845691738.30>. [cit. 2025–03–22].

GRULICH V., Užitkové rostliny. Online. *Užitkové rostliny*. 2010. Dostupné z: Užitkové rostliny. [cit. 2025–01–28].

GUILLON, F. a M. M. J. CHAMP. Carbohydrate fractions of legumes: uses in human nutrition and potential for health. *British Journal of Nutrition*. 2002, roč. 88, č. 3, s. 293–306. ISSN 0007–1145.

GUJRAL, Naiyana. Celiac disease: Prevalence, diagnosis, pathogenesis and treatment. Online. *World Journal of Gastroenterology*. 2012, Roč. 18, č. 42. ISSN 1007–9327. Dostupné z: <https://doi.org/10.3748/wjg.v18.i42.6036>. [cit. 2025–04–01].

HAGER, Anna–Sophie; TAYLOR, Josh P.; WATERS, Deborah M. a ARENDT, Elke K. Gluten free beer – A review. Online. *Trends in Food Science & Technology*. 2014, roč. 36, č. 1, s. 44–54. ISSN 09242244. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2014.01.001>. [cit. 2025–04–04].

HARALDSSON, A.K., RIMSTEN, L., ALMINGER, M.L., ANDERSSON, R., ANDLID, T., AMAN, P. & SANDBERG, A.S. "Phytate content is reduced and β -glucanase activity suppressed in malted barley steeped with lactic acid at high temperature". Online. *Journal of the science of food and agriculture*, 2004, vol. 84, no. 7, pp. 653–662. Dostupné z: <https://doi-org.proxy.k.utb.cz/10.1002/jsfa.1724>. [cit. 2025–03–14].

HASÍK, Tomáš. *Svět piva a piva světa*. Praha: Grada. 2013. ISBN 978–80–247–4648–7.

HAYWARD, Lydia; WEDEL, Adrienne a MCSWEENEY, Matthew B. Acceptability of beer produced with dandelion, nettle, and sage. Online. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 2019, roč. 18. ISSN 1878450X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2019.100180>. [cit. 2025–04–05].

HE Yi, WANG Qiong, ZENG Jian, SUN Tao, YANG Guang-xiao, HE Guang-yuan. Current status and trends of wheat genetic transformation studies in China. Online. *Journal of Integrative Agriculture*. 2015, vol. 14, no. 3, pp. 438–452. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60934-5](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60934-5). [cit. 2024–11–08].

HERMUTH J., JANOVSÁ D., STRAŠIL Z., UŠŤAK S. a HÝSEK J. Čirok obecný–*Sorghum bicolor* (L.) MOENCH: možnosti využití v podmínkách České republiky: metodika pro praxi. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby. 2012. ISBN 978–80–7427–093–2.

HLAVÁČEK, Ivo a KALENDA, Václav. Posouzení rozluštění sladu Hartongovým číslem. Online. *Kvasný průmysl*. 1957, 4(1), s. 73–78. Dostupné z: <https://kvasnyprumysl.cz/pdfs/kpr/1957/04/01.pdf>. [cit. 2025–04–01].

HOLOPAINEN–MANTILA, U.; SARLIN, T.; MÄKINEN, O.; LAITILA, A.; SOZER, N. Monitoring of early-stage water uptake by hyperspectral imaging and evaluation of nutritional and technological functionality of germinated faba bean (*Vicia faba* L.) var. minor and var. major as food ingredients. Online. *Legume Sci*. 2021, 4, 17. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/leg3.124> [cit. 2025–04–02].

HORÁČEK, Michal. Proměna českého pivovarnictví v 19. století v obraze vývoje techniky, vědy a technologie a aplikování jeho výsledků v praxi. Online. *Dějiny věd a techniky*. 2015, 48(2), 85–102. ISSN 0300–4414. Dostupné z: doi:10.70391/7df.2.b. [cit. 2025–02–16].

HU, S., DONG, J., FAN, W., YU, J., YIN, H., HUANG, S., LIU, J., HUANG, S., ZHANG, X. The influence of proteolytic and cytolytic enzymes on starch degradation during mashing. Online. *Journal of The Institute of Brewing*. 2014, 120(4), p. 379–384. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/jib.172>. [cit. 2025–03–28].

CHLÁDEK, Ladislav. Pivovarnictví. *Řemesla, tradice, technika*. Praha: Grada. 2007, s. 207. ISBN 978–80–247–1616–9.

INTERNATIONAL FOOD INFORMATION SERVICE. *Dictionary of Food Science and Technology*. Online. 2nd Edition. International Food Information Service (IFIS Publishing). 2009. ISBN 978–1–61583–120–3. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt006QF8I1/dictionary-food-science/safflowers> [cit. 2025–01–22].

KADLEC, Pavel; MELZUCH, Karel a VOLDŘICH, Michal. *Co byste měli vědět o výrobě potravin?: Technologie potravin*. Monografie. Ostrava: Key Publishing. 2009. ISBN 978–80–7418–051–4.

KADLEC, P., K. MELZUCH a M. VOLDŘICH. Přehled tradičních potravinářských výrob: technologie potravin. Ostrava: Key Publishing. Monografie (Key Publishing). 2012. ISBN 978–80–7418–145–0.

KAYODE, John a OLUSEGUN, Oyetayo. Effect of Fermentation on the Microbial, Proximate and Mineral Composition of Mung Bean (*Vigna radiata*). Online. *Journal of Applied Life Sciences International*. 2016, roč. 5, č. 4, s. 1–12. ISSN 23941103. Dostupné z: <https://doi.org/10.9734/JALSI/2016/25298>. [cit. 2025–05–01].

KEERSMAECKER, Jacques De. The Mystery of Lambic Beer. Online. *Scientific American*. 1996, roč. 275, č. 2, s. 74–80. ISSN 0036–8733. Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/scientificamerican0896-74>. [cit. 2025–04–05].

KESSLER, Ryan. Saskatchewan brewery introduces lentil-based beer. Online. *Global News*. 2015. Dostupné z: <https://globalnews.ca/news/2319497/saskatchewan-brewery-introduces-lentil-based-beer/>. [cit. 2025–05–04].

KISS, ZS.; VECSEI-HEGYES, B.; KUN-FARKAS, G. a HOSCHKE, Á. Optimization of malting and mashing processes for the production of gluten-free beers. Online. *Acta Alimentaria*. 2011, roč. 40, č. Supplement 1, s. 67–78. ISSN 0139–3006. Dostupné z: <https://doi.org/10.1556/AAlim.40.2011.Suppl.7>. [cit. 2025–04–04].

KODAMA, Y., KIELLAND-BRANDT, M.C., HANSEN, J.. Lager brewing yeast. Online. In: Sunnerhagen, P., Piskur, J. (eds) *Comparative Genomics. Topics in Current Genetics*. Springer, Berlin, Heidelberg. 2005, vol 15. ISBN 978-3-540-31495-0. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/b106370>. [cit. 2025-03-12].

KOHOUT, Pavel a PAVLÍČKOVÁ, Jaroslava. *Celiakie: Dieta bezlepková*. Dieta ;. Čestlice: Momčilová. 1994. ISBN 80-901137-6-1.

KOPÁČKOVÁ, Olga. Trendy ve zpracování cereálií s přihlédnutím zejména k celozrnným výrobkům. Online. *Ústav zemědělských a potravinářských informací*. 2007. ISBN 978-80-7271-184-0. Dostupné z: https://www.bezpecnostpotravin.cz/Kopov_Cerelie.pdf. [cit. 2025-03-29].

KORDIALIK-BOGACKA, Edyta a AMBROZIAK, Wojciech. The relationship between polypeptides and foaming during fermentation. Online. *LWT – Food Science and Technology*. 2007, roč. 40, č. 2, s. 368–373. ISSN 00236438. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2005.10.009>. [cit. 2025-04-04].

KOSAŘ, Karel. Kvalitativní parametry ječmene a sladu. Online. *Kvasný průmysl*. 1996, roč. 42, č. 6, s. 201–206. Dostupné z: <https://kvasnyprumysl.cz/pdfs/kpr/1996/06/01.pdf>. [cit. 2025-03-18].

KOSAŘ, K., PROCHÁZKA, S. a kol. *Technologie výroby sladu a piva*. 1. Vydání. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský. 2000, ISBN 80-902658-6-3.

KUNZE, Wolfgang. *Technology Brewing and Malting*, 2nd Edition. VLB Berlin. 1999.

KUNZE, Wolfgang. *Technology Brewing and Malting*. 3rd Ed. VLB Berlin. 2004. ISBN 3-921690-49-8.

KUNZE, W. *Technology brewing and malting*. 5th ed. Berlin: VLB Berlin. 2014. ISBN 978-3-921690-74-2.

LEFYEDI, M.L. & TAYLOR, J.R.N. "Effect of dilute alkaline steeping on the microbial contamination, toxicity and diastatic power of sorghum malt". Online. *Journal of the Institute of Brewing*, 2006, vol. 112, no. 2, pp. 108–116. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2006.tb00240.x>. [cit. 2025-03-14].

LESKOŠEK-ČUKALOVIĆ, I. et al. Beer with Improved Functionality. Online. *Food Technol. Biotechnol.* 2010, 48 (3), p. 384–391. ISSN 1330-9862. Dostupné z: Beer with Improved Functionality and Defined Pharmacodynamic Properties. [cit. 2025-04-05].

LILJEBERG, H. E. Resistant starch content in a selection of starchy foods on the Swedish market. *European Journal of Clinical Nutrition*, 2006, roč. 56, č. 6, s. 500–505.

LIN, Sheng-Dun; YANG, Joan-Hwa; HSIEH, Yun-Jung; LIU, En-Hui a MAU, Jeng-Leun. Effect of Different Brewing Methods on Quality of Green Tea. Online. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2014, roč. 38, č. 3, s. 1234–1243. ISSN 01458892. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/jfpp.12084>. [cit. 2025-05-01].

LIU, Y., B. ZHANG a X. LI. Metabolism of amino acids and its impact on yeast fermentation. *Frontiers in Microbiology*, 2020, 11, 617. ISSN 1664-302X. Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00617>. [2025-05-12].

LU, J a LI, Y. Effects of arabinoxylan solubilization on wort viscosity and filtration when mashing with grist containing wheat and wheat malt. Online. *Food Chemistry*. 2006, roč. 98, č. 1, s. 164–170. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.05.060>. [cit. 2025-04-04].

MAGALHAES, P., J., ALMEIDA, S., M., CARVALHO, A., M., CONCALVES, L., M., CRUZ, J., M. Influence of malt on the xanthohumol and isoxanthohumol behavior in pale and dark beers: A micro-scale approach. Online. *Food Research International*. 2011, 44 (1): 351–359. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.10.008>. [cit. 2025-03-28].

MAYER, H., CECCARONI, D., MARCONI, O., SILEONI, V., PERRETTI, G., FANTOZZI, P.. Development of an all rice malt beer: A gluten free alternative. Online. *LWT–Food Science and Technology*, 2016, V. 67, s. 67–73. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.11.037>. [cit. 2025-03-21].

MESSINA, Mark J. Legumes and soybeans: overview of their nutritional profiles and health effects. Online. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1999, roč. 70, č. 3, s. 439S–450S. ISSN 00029165. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/ajcn/70.3.439s>. [cit. 2025-04-01].

MEUSSDOERFFER, Franz, and Martin ZARNKOW. "Starchy Raw Materials." *Handbook of Brewing: Processes, Technology, Markets*. By Hans Michael. Esslinger. Weinheim: Wiley–VCH, 2009. 43–84.

MEZEROVÁ, Michaela. *Pivo. Jak poznáme kvalitu?* Praha: Sdružení českých spotřebitelů, z.ú. 2017. ISBN 978–80–87719–56–5. Dostupné z: <http://kramerusndk.nkp.cz/search/handle/uuid:8c4a17c0-f4a4-11e8-bc37-005056827e51>. [cit. 2025–05–01].

MIKYŠKA, Alexandr; MATOULKOVÁ, Dagmar; SLABÝ, Martin; KUBIZNIAKOVÁ, Petra a HARTMAN, Ivo. Charakteristika kmenů izolovaných z keřových zrn a jejich využití pro výrobu fermentovaných pivních nápojů z netradičních obilovin. Online. *Kvasný průmysl*. 2015. Dostupné z: <http://www.kvasnyprumysl.cz/pdfs/kpr/2015/10/04.pdf>. [cit. 2024–10–26].

MOCKUS, Ernestas; STARKUTE, Vytaute; KLUPSAITE, Dovile; BARTKEVICS, Vadims; BORISOVA, Anastasija et al. Changes in Chemical Composition of Lentils, Including Gamma-Aminobutyric Acid and Volatile Compound Formation during Submerged and Solid-State Fermentation with *Pediococcus acidilactici*. Online. *Foods*. 2024, roč. 13, č. 8. ISSN 2304-8158. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/foods13081249>. [cit. 2025-05-04].

MORDOR INTELLIGENCE. Gluten-Free Beer Market – Growth, Trends, and Forecasts (2024–2029). Online. Hyderabad: Mordor Intelligence. 2024. Dostupné z: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/gluten-free-beer-market>. [cit. 2025–04–22].

MOŠTEK, Josef. *Sladařství: Biochemie a technologie sladu*. Řada potravinářské literatury. 1975. Praha: Stát. nakl. techn. lit.

MOUDRÝ, J., STRAŠIL, Z. Pěstování alternativních plodin. JČU ZF, České Budějovice. 1999, 165 s. ISBN 80–704–0383–7

MOUDRÝ, Jan., J. KALINOVÁ, J. PETR a A. MICHALOVÁ. *Pohanka a proso*. 1. vyd. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2005. 206 s. ISBN 80–7271–162–8.

MOUDRÝ J. Alternativní plodiny. Praha: Profi Press. 2011. ISBN 978–80–86726–40–3.

NAZ, T. et al. Green remediation of lead (pb) from Pb–toxic soil by combined use of silicon nanomaterials and leguminous *Lens culinaris* L. plants. Online. *Sci Rep* 15. 2025, 4366. Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-88759-x>. [cit. 2025–03–27].

- NILSSON, F. A study of barley protein composition during beer brewing process using SE–HPLC. University of Kalmar, Swede, 2009. 35 s.
- NOVOTNÝ, Petr. Proces 1. díl: Rmutování. Online. *Diversity Beer*. 2015. Dostupné z: <https://www.diversity.beer/2015/12/proces-1-dil-rmutovani.html>. [cit. 2025-03-28].
- NOVOTNÝ, P., Proces 2. díl: Chmelovar. Online. *Diversity Beer*. 2016. Dostupné z: <https://www.diversity.beer/2016/01/proces-2-dil-chmelovar.html>. [cit. 2025-03-28].
- NOVOTNÝ, Petr. *Pivařka: tajemství domácího pivovarství*. Populárně naučná. V Brně: Jota, 2017. ISBN 978-80-7565-108-2.
- NYSSÖLÄ, A.; ELLILÄ, S.; NORDLUND, E.; POUTANEN, K. Reduction of FODMAP content by bioprocessing. Online. *Trends Food Sci. Technol.* 2020, 99, p. 257–272. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.004>. [cit. 2025-04-02].
- OGUNDIWIN, J. O., ILORI, M. O., FESSEHATZION, B., BABALOLA, G. O., OLAJUYIGBE, A. O.. Effect of chemical treatments on the micro-organism associated with malting of sorghum grains and sorghum malt. Online. *J. Appl. Microbiol.* 1991, vol. 71(2): 139–143. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1991.tb02969.x>. [cit. 2025-03-14].
- OHDAN, K. *et al.*. Enzymatic synthesis of amylose. Online. *Biocatalysis and Biotransformation*, 2009, 24(1–2), pp. 77–81. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10242420600598152>
- OLŠOVSKÁ, Jana, Pavel ČEJKA, Karel ŠTĚRBA, Martin SLABÝ a František FRANTÍK. Senzorická analýza piva. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, 2017. ISBN 978-80-86576-74-9.
- ONYANGO, C. A.; OCHANDA, S. O.; MWASARU, M. A.; OCHIENG, J.K.; MATHOOKO, F. M.; KINYURU, J. N. Effects of Malting and Fermentation on Anti-Nutrient Reduction and Protein Digestibility of Red Sorghum, White Sorghum and Pearl Millet. Online. *J. Food Res.* 2013, 2, 41. Dostupné z: [10.5539/jfr.v2n1p41](https://doi.org/10.5539/jfr.v2n1p41). [cit. 2025-04-02].
- OSUNTOGUN, B. A., S. A. ADEWUSI, J. O. OGUNDIWIN, C. C. NWASIKE. "Effect of Cultivar, Steeping, and Malting on Tannin, Total Polyphenol, and Cyanide Content of Nigerian Sorghum." *Cereal Chemistry*. 66.2, 1989, 87–89.

- PELEMBE, L. A. M., J. DEWAR a J. R. N. TAYLOR. Effect of Malting Conditions on Pearl Millet Malt Quality. Online. *Journal of the Institute of Brewing*. 2002, 108(1), p. 7–12. ISSN 00469750. Dostupné z: doi: DOI:10.1002/j.2050–0416.2002.tb00113.x. [cit. 2025–03–30].
- PELIKÁN, M., SÁKOVÁ, L.: Jakost a zpracování rostlinných produktů. Jihočeská univerzita, České Budějovice, 2001, 235s. ISBN 80–7040–502–3.
- PELIKÁN, Miloš; DUDÁŠ, František a MÍŠA, Drahomír. Technologie kvasného průmyslu. 2. nezměn. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita MZLU, 2002. ISBN 80–7157–578–X.
- PEREIRA, Mayara O.; GUIMARÃES, Jonas T.; RAMOS, Gustavo L.P.A.; DO PRADO-SILVA, Leonardo; NASCIMENTO, Janaina S. et al. Inactivation kinetics of *Listeria monocytogenes* in whey dairy beverage processed with ohmic heating. Online. *LWT*. 2020, roč. 127. ISSN 00236438. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109420>. [cit. 2025-04-27].
- PETR J., CAPOUCHOVÁ I. a KALINOVÁ J. Alternativní plodiny, pseudocereálie a produkty ekologického zemědělství. In: PRUGAR J.: Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský ve spolupráci s komisí jakosti rostlinných produktů ČAZV. 2008, s 147–162. ISBN 978–80–86576–28–2.
- PHIARAI, B.P.N.; MAUCH, A.; SCHEHL, B.D.; ZARNKOW, M.; GASTL, M.; HERRMANN, M.; ARENDT, E.K. Processing of a top fermented beer brewed from 100% buckwheat malt with sensory and analytical characterisation. *J. Inst. Brew.* 2010, 116, 265–274.
- PIDDOCKE, M. P. et al. Physiological characterization of brewer's yeast in high-gravity beer fermentations with glucose or maltose syrups as adjuncts. Online. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2009, V. 84, p. 453–464. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00253-009-1930-y>. [cit. 2025–03–22].
- PIRES, E.J. a T. BRÁNYIK. Biochemistry of beer fermentation. In: D. MONTET a R.C. RAY, eds. Fermented foods, part I: Biochemistry and biotechnology. Boca Raton: CRC Press. 2015, 171–191. ISBN 978-1-4665-8004-9.

PLUHÁČKOVÁ, Helena; GREGOR, Tomáš; BOŠKO, Rastislav; BĚLÁKOVÁ, Sylvie; SVOBODA, Zdeněk et al. Fortification of Beer with Extracts of the Selected Czech Medicinal Herbs and Plants. Online. *KVASNY PRUMYSL*. 2020, roč. 66, č. 4, s. 314–319. ISSN 2570–8619. Dostupné z: <https://doi.org/10.18832/kp2019.66.314>. [cit. 2025–04–05].

PLZEŇSKÝ PRAZDROJ. Birell představuje nové nealko osvěžení – Birell Botanicals. Online. *Plzeňský Prazdroj*. 2017. Dostupné z: <https://www.prazdroj.cz/birell-predstavuje-nove-nealko-osvezeni-birell-botanicals>. [cit. 2025–05–04].

POREDA, Aleksander; CZARNIK, Agata; ZDANIEWICZ, Marek; JAKUBOWSKI, Marek a ANTKIEWICZ, Piotr. Corn grist adjunct – application and influence on the brewing process and beer quality. Online. *Journal of the Institute of Brewing*. 2014, roč. 120, č. 1, s. 77–81. ISSN 00469750. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/jib.115>. [cit. 2025–04–04].

PROKEŠ, J. Technologický význam dusíkatých látek v ječmeni a sladu. *Kvasny Prum.*, 2000, roč. 46, č. 10, s. 277–279, ISSN 0023–5830.

PRUGAR, J. et. al.. Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. *Výzkumný ústav pivovarský a sladařský ve spolupráci s komisí jakosti rostlinných produktů ČAZV*. Praha. 2008. ISBN 978–80–86576–28–2.

PUERARI, Cláudia; MAGALHÃES, Karina Teixeira a SCHWAN, Rosane Freitas. New cocoa pulp-based kefir beverages: Microbiological, chemical composition and sensory analysis. Online. *Food Research International*. 2012, roč. 48, č. 2, s. 634–640. ISSN 09639969. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.06.005>. [cit. 2025–04–27].

RADU, Eugen–Dan; MUREȘAN, Vlad; EMILIA COLDEA, Teodora a MUDURA, Elena. Unconventional raw materials used in beer and beer–like beverages production: Impact on metabolomics and sensory profile. Online. *Food Research International*. 2024, roč. 183. ISSN 09639969. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114203>. [cit. 2025–04–05].

ROMANO, Giuseppe; TUFARIELLO, Maria; CALABRISO, Nadia; DEL COCO, Laura; FANIZZI, Francesco P. et al., 2023. Pigmented cereals and legume grains as healthier alternatives for brewing beers. Online. *Food Bioscience*. 2023, roč. 52. ISSN 22124292. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102463>. [cit. 2025–04–04].

RUGER, J. a kol. Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. 1. vyd. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský a.s., 2008. 327 s. ISBN 9788086576282.

RYSOVÁ, Jana. Přehledová práce: Nutriční hodnota a využití pohanky. Online. *Výživa a potravin*. Výzkumný ústav potravinářský Praha, v.v.i. 2018. Dostupné z: https://www.vupp.cz/Nutricni_hodnota_a_vyuziti_pohanky_Rysova.J..pdf. [cit. 2025-03-29].

SAGET, S.; PORTO COSTA, M.; BLACK, K.; IANNETTA, P. P. M.; RECKLING, M.; STYLES, D.; WILLIAMS, M. Environmental Impacts of Scottish Faba Bean-Based Beer in an Integrated Beer and animal feed value chain. Online. *Sustain. Prod. Consum.* 2022, 34, p. 330–341. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.09.019>. [cit. 2025-04-02].

SAI, S., S. KETNAWA, P. CHAIWUT a S. RADWKUEN. Biochemical and functional properties of proteins from red kidney, navy and adzuki beans. Online. *Asian Journal of Food and Agro-industry*. 2009, s. 493–504, ISSN 1906–3040. Dostupné z: Biochemical and functional properties of proteins from red kidney, navy and adzuki beans. [cit. 2025-01-04].

SAJILATA, M.G., SINGHAL, R.S. & KULKARNI, P.R.. "Resistant Starch—A Review". Online. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 2006, vol. 5, no. 1, pp. 1–17. Dostupné z: <https://doi-org.proxy.k.utb.cz/10.1111/j.1541-4337.2006.tb00076.x>. [cit. 2025-03-14].

SERNA-SALDÍVAR, Sergio O. "Production of Malts, Beers, Alcohol Spirits, and Fuel Ethanol." *Cereal Grains: Properties, Processing, and Nutritional Attributes*. Boca Raton, FL: CRC/Taylor & Francis, 2010. 417–62.

SERNA-SALDÍVAR, Sergio O.. Corn (3rd Edition). Online. *Chemistry and Technology*. 2019. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpCCTE000T/corn-chemistry-technology/corn-chemistry-technology>. [cit. 2025-01-18].

SHARMA, Alka; YADAV, Baljeet Singh a RITIKA. Resistant Starch: Physiological Roles and Food Applications. Online. *Food Reviews International*. 2008, roč. 24, č. 2, s. 193–234. ISSN 8755–9129. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/87559120801926237>. [cit. 2025-04-01].

SCHLETT, Siegfried. *100 potravin pro zdraví*. Praha: Euromedia group, 2008. 248 s. ISBN 978–80–249–0991–2.

SIGLER, Karel a MATOULKOVÁ, Dagmar. *Pivovarské kvasinky a reakce na stres*. In 24. Pivovarsko-sladařské dny Brno. 2011.

SIMATE, G.S..Water treatment and reuse in breweries. Online. *Brewing Microbiology*. 2015. Elsevier Ltd. pp. 425–456. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-331-7.00020-4>. [cit. 2025-03-12].

SINGH M., UPADHYAYA H. D., BISHT I. S. Genetic and genomic resources of grain legume improvement. London, Elsevier. 2013. ISBN 978-0-12-397935-3.

SINGH, Balwinder; SINGH, Jatinder Pal; SHEVKANI, Khetan; SINGH, Narpinder a KAUR, Amritpal. Bioactive constituents in pulses and their health benefits. Online. *Journal of Food Science and Technology*. 2017, roč. 54, č. 4, s. 858–870. ISSN 0022-1155. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2391-9>. [cit. 2025-04-12].

SOHRABVANDI, S.; MORTAZAVIAN, A.M. a REZAEI, K. Health-Related Aspects of Beer: A Review. Online. *International Journal of Food Properties*. 2012, roč. 15, č. 2, s. 350–373. ISSN 1094-2912. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10942912.2010.487627>. [cit. 2025-04-04].

SPEERS, Alex. *Handbook of brewing*, edited by priest, F. G., & stewart, G. G. (2nd ed.), published by: CRC taylor and francis, 853 pages, 2006, ISBN: 10-: 0-8247-2657-X. Elsevier Ltd, 2008. 51–51 s. ISBN 0924-2244.

SUZUKI, K. Control of microbial contamination in beer brewing. *Food Control*, 22(5), 801–805. 2011. ISSN 0956-7135. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.10.001>. [cit. 2025-05-12].

SVOBODOVÁ, I., SPÁČILOVÁ, V., MÍŠA, P.. Reakce odrůd sladovnického ječmene na pěstování v režimu nízkých vstupů (low-input) a ekologickém režimu I. část. Online. *Obilnářské listy*, 25, 2017, č. 3–4, 59–62 ISSN: 1212-138X. Dostupné z: https://www.vukrom.cz/userfiles/files/obilnarske_listy/2017/2017_3_4/59-62.pdf. [cit. 2025-05-12].

ŠÁRKA, Evžen; SMRČKOVÁ, Petra a SEILEROVÁ, Lenka. Rezistentní a pomalu stravitelný škrob. Online. *Chemické listy*. 2013. 107, 929–935. Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2013_12_929-935.pdf. [cit. 2024-12-20].

ŠEMÍK P.. Plant Experiences in Additioning of Calcium During Wort Production. Online. *Kvasný Průmysl*. 2002. 48:192–195. Výzkumný Ústav Pivovarský a Sladařský. Dostupné z: DOI:10.18832/kp2002017. [cit. 2025-03-12].

ŠPALDON, E. a kol.: Rastlinná výroba, Příroda, Bratislava, 1982, 628s.

TAKOI, Kiyoshi; KUMAMARU, Haruna; TANIGAWA, Atsushi; SANEKATA, Ayako; SATO, Masahide et al. Study on Characteristic Aroma in Special Beers Brewed with Coriander (*Coriandrum sativum* L.) Seeds: Profiling of Flavor Compounds Derived from Coriander Seeds in Different Growing Areas. Online. *ACS Food Science & Technology*. 2024, roč. 4, č. 10, s. 2439–2447. ISSN 2692–1944. Dostupné z: <https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.4c00579>. [cit. 2025–04–07].

TÁRRAGO, Jorge Fernández a NICOLÁS, Gregorio. Starch Degradation in the Cotyledons of Germinating Lentils. Online. *Plant Physiology*. 1976, roč. 58, č. 5, s. 618–621. ISSN 0032–0889. Dostupné z: <https://doi.org/10.1104/pp.58.5.618>. [cit. 2025–04–01].

TAYLOR, John R. N.; DLAMINI, Bhekisisa C. a KRUGER, Johanita. 125 th Anniversary Review: The science of the tropical cereals sorghum, maize and rice in relation to lager beer brewing. Online. *Journal of the Institute of Brewing*. 2013, roč. 119, č. 1–2, s. 1–14. ISSN 00469750. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/jib.68>. [cit. 2025–04–04].

TAYLOR, John R.N., TILMAN J. Schober, and SCOTTt R. Bean. "Novel Food and Non–food Uses for Sorghum and Millets." *Journal of Cereal Science*. 2006, 44.3, 252–71."

TEGHTMEYER, S.. Hops. Online. *Journal of agricultural & food information*. 2018, vol. 19, no. 1, pp. 9–20. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10496505.2018.1403248>. [cit. 2025–03–09].

THARANATHAN, R.N a MAHADEVAMMA, S. Grain legumes—a boon to human nutrition. Online. *Trends in Food Science & Technology*. 2003, roč. 14, č. 12, s. 507–518. ISSN 0924–2244. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2003.07.002>. [cit. 2025–04–01].

THESELING, F.A, BIRCHAM, P.W, MERTENS, S., VOORDECKERS, K., VERSTREPEN, K.J. A Hands–On Guide to Brewing and Analyzing Beer in the Laboratory. Online. *Current Protocols in Microbiology*. 2019, vol. 54(1). Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/cpmc.91>. [cit. 2025–03–25].

THOMPSON J. Vaříme pivo. 1. vyd., Svojtka & Co., s. r. o., Praha, 164 s. 2012. ISBN 978–80–256–0931–6.

TRINIDAD, Trinidad P.; MALLILLIN, Aida C.; LOYOLA, Anacleto S.; SAGUM, Rosario S. a ENCABO, Rosario R. The potential health benefits of legumes as a good source of dietary fibre. Online. *British Journal of Nutrition*. 2010, roč. 103, č. 4, s. 569–574. ISSN 0007–1145. Dostupné z: <https://doi.org/10.1017/S0007114509992157>. [cit. 2025–04–01].

TRUMMER, Jonas; WATSON, Hellen; DE CLIPPELEER, Jessika a POREDA, Aleksander. Brewing with 10% and 20% Malted Lentils—Trials on Laboratory and Pilot Scales. Online. *Applied Sciences*. 2021, roč. 11, č. 21. ISSN 2076-3417. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/app11219817>. [cit. 2025-05-01].

UNIMPAX Bratislava. *Slad Plzeňský Soufflet*. Online. 2025. Dostupné z: Slad Plzeňský. [cit. 2025-03-30].

VEČERKOVÁ, Hana a KISS, Jan. *Abeceda piva*. Edice České televize. Praha: Česká televize. 2007. ISBN 978-80-85005-86-8.

VELÍŠEK, J. *Chemie potravin 1*. Tábor: OSSIS, 2002. ISBN 80-86659-00-3.

VERHOEF B. Velká encyklopedie piva. 1. vyd., Čestlice: Rebo Productions, 447 s., 2003. ISBN 80-723-4283-5.

WANG, N., HATCHER, D. W., TOEWS, R., GAWALKO, E., J. Influence of cooking and dehulling on nutritional composition of several varieties of lentils (*Lens culinaris*). Online. *LWT—Food Science and Technology*. 2009, V. 42, č. 4., p. 842–848. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.10.007>. [cit. 2025-03-30].

WIJNGAARD, H. H. et al. The Effect of Steeping Time on the Final Malt Quality of Buckwheat. Online. *Journal of the institute of Brewing*. 2005, V. 111, 3, p. 275–281. ISSN 00469750. Dostupné z: 10.1002/j.2050-0416.2005.tb00683.x. [cit. 2025-03-27].

WILLAERT, R. The Beer Brewing Process: Wort Production and Beer. *Handbook of Food Products Manufacturing*. John Wiley & Sons. 2007. ISBN 978-0-470-11354-7.

WRIGLEY, Colin, Harold CORKE a Charles WALKER. *Encyclopedia of grain science*. Elsevier Academic Press. 2004. ISBN 9780127654911.

WUNDERLICH, S., BACK, W. Overview of Manufacturing Beer: Ingredients, Processes, and Quality Criteria. Online. *Beer in Health and Disease Prevention*. Academic Press. 2009, p. 3–16. ISBN 978-0-12-373891-2. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-373891-2.00001-8>. [cit. 2025-03-25].

YADAV S. Shyam, McNEIL David a STEVENSON C. Philip. Lentil: An Ancient Crop for Modern Times. Amsterdam: Springer, 2007, 487 s. ISBN 978-1-4020-6313-8.

YAHYA, H., LINFORTH, R. S. T., COOK, D. J.. Flavour generation during commercial barley and malt roasting operations: A time course study. Online. *Food Chemistry*. 2014,

145, s. 378–387. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.08.046>. [cit. 2025–03–21].

ZHANG Shu, WANG Changyuan, SHENG Yanan, FENG Yuchao, FU Tianxin, LI Xue. Effects of processing methods on structure and functional properties of Mung bean protein. Online. *Food Science*. 2019, vol. 40(19), p. 113–119. Dostupné z: <https://doi.org/10.7506/spkx1002-6630-20190307-098>. [cit. 2025–05–02].

ZHANG, Z. L., M. L. ZHOU, Y. TANG, F. L. LI, Y. X. TANG, J. R. SHAO, W. T. XUE a Y. M. WU. Bioactive compounds in functional buckwheat food. Online. *Food Research International*. 2012, vol. 49, 1, p. 389–395. ISSN 09639969. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.07.035>. [cit. 2025–03–29].

ZHAO, Y., et al. Formation of higher alcohols and ammonia in beer fermentation. Online. *Journal of the Institute of Brewing*. 2018, 124(1), 64–71. ISSN 0046-9750. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/jib.478>. [cit. 2025–05–12].

ZÝBRT, V. Velká kniha piva vše o pivu, Rubico, Olomouc. 2005, 287 s., ISBN 80–7346–054–8

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Slad plzeňského typu (UNIMPAX, 2025)	19
Obrázek 2 Fazolový slad (foto - autor).....	50
Obrázek 3 Čočkový slad (foto – autor).....	50
Obrázek 4 Vývoj pH v čase odběrů vzorků s čočkovým sladem	54
Obrázek 5 Vývoj pH v čase odběrů vzorků s fazolovým sladem	56
Obrázek 6 Vývoj TDS v čase odběrů vzorků s čočkovým sladem	58
Obrázek 7 Vývoj TDS v čase odběrů vzorků s fazolovým sladem	59
Obrázek 8 Vývoj refraktometrické sušiny v čase odběrů vzorků s čočkovým sladem	60
Obrázek 9 Vývoj refraktometrické sušiny v čase odběrů vzorků s fazolovým sladem	61
Obrázek 10 Vývoj množství etanolu v čase odběrů vzorků s čočkovým sladem	62
Obrázek 11 Vývoj množství etanolu v čase odběrů vzorků s fazolovým sladem	63
Obrázek 12 Vývoj hustoty v čase odběrů vzorků s čočkovým sladem	64
Obrázek 13 Vývoj hustoty v čase odběrů vzorků s fazolovým sladem	65
Obrázek 14 Vývoj turbidimetrie v čase odběrů vzorků s čočkovým sladem	67
Obrázek 15 Vývoj turbidimetrie v čase odběrů vzorků s fazolovým sladem	68
Obrázek 16 Pivo s přídavkem čočkového sladu.....	71
Obrázek 17 Pivo s přídavkem fazolového sladu	71
Obrázek 18 Senzorické hodnocení piva s čočkovým sladem	74
Obrázek 19 Senzorické hodnocení piva s fazolovým sladem.....	75

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Vývoj kalorické hodnoty u hotových vzorků piva s luštěninovými slady	65
Tabulka 2 Vývoj barvy u vzorků s čočkovým sladem	69
Tabulka 3 Vývoj barvy u vzorků s fazolovým sladem.....	70
Tabulka 4 Výška a stabilita pěny u vzorků s různou koncentrací čočkového sladu	72
Tabulka 5 Výška a stabilita pěny u vzorků s různou koncentrací fazolového sladu.....	73

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

například	(dále jen např.)
takzvaně	(dále jen tzv.)
a jiné	(dále jen aj.)
a podobně	(dále jen apod.)
maximálně	(dále jen max.)
Total Dissolved Solids	(dále jen TDS)

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Smyslové zkoušky piva s příměsí čočky a fazolí

Příloha P II: Senzorický dotazník – záznamová tabulka

PŘÍLOHA P I: SMYSLOVÉ ZKOUŠKY PIVA S PŘÍMĚSÍ ČOČKY A FAZOLÍ

Smyslové zkoušky piva s příměsí čočky a fazolí

Výška pěny: (cm)

Stabilita pěny: (s)

Čírost

1. čiré
2. slabě opaleskující
3. středně zakalené
4. zakalené
5. silně zakalené

Intenzita vůně

1. Nepatrná
2. Slabá
3. Střední
4. Silná
5. Velmi silná

Intenzita cizí vůně

1. Nepatrná
2. Slabá
3. Střední
4. Silná
5. Velmi silná

Intenzita hořkosti

1. Nepatrná
2. Slabá
3. Střední
4. Silná
5. Velmi silná

Intenzita plnosti chuti

1. Nepatrná
2. Slabá
3. Střední
4. Silná
5. Velmi silná

Intenzita nasycení (říz)

1. Nepatrná
2. Slabá
3. Střední
4. Silná
5. Velmi silná

Intenzita cizí chuti

1. Nepatrná
2. Slabá
3. Střední
4. Silná
5. Velmi silná

Celkový subjektivní dojem

1. Mimořádně dobrý
2. Velmi dobrý
3. Dobrý
4. Lepší než střední
5. Střední
6. Horší než střední
7. Špatný
8. Velmi špatný
9. Mimořádně špatný

PŘÍLOHA P II: SENZORICKÝ DOTAZNÍK – ZÁZNAMOVÁ TABULKA

Vzorky	Výška pěny	Stabilita pěny	Čírost	Intenzita vůně	Intenzita cizích pachů	Intenzita hořkosti	Intenzita plnosti piva	Intenzita nasycení nápoje	Intenzita cizí chuti	Celkový dojem
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										