

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině

Katedra: potravinářských biotechnologií a kvality zemědělských produktů

Vedoucí katedry: Ing. Pavel Smetana, Ph.D.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vliv zrání na vybrané ukazatele piva

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Pavel Smetana, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce: Dr. Ing. Jaromír Kadlec

Autor bakalářské práce: Miroslava Plánská

České Budějovice, 2019

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Zemědělská fakulta

Akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Miroslava PLÁNSKÁ
Osobní číslo:	Z16161
Studijní program:	B4131 Zemědělství
Studijní obor:	Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině
Téma práce:	Vliv zrání na vybrané ukazatele piva
Zadávací katedra:	Katedra potravin, biotechnologií a kvality zemědělských produktů

Zásady pro vypracování

Cílem práce je sledovat závěrečnou fázi výroby piva (kvasného procesu) v cylindrokonických kvasných a zracích tancích. Sledovat a měřit základní analytické parametry při dokvášení piva (např. obsah alkoholu, extraktu, zdánlivého extraktu, stupňovitost, hustotu apod.).

Bakalářská práce bude vypracována na základě aktualizovaných pokynů uvedených na http://www.zf.jcu.cz/copy_of_students/informace-pro-studujici podle následující rámcové osnovy:

1. Úvod – charakteristika a význam řešené problematiky
2. Literární přehled – současný stav poznání dané problematiky získaný studiem soudobé vědecké a odborné literatury
3. Cíl práce
4. Materiál a metodika
5. Výsledky a diskuze – tabulky, grafy, diskuze s literárními zdroji
6. Závěr – stručné shrnutí řešené problematiky případně doporučení pro další směřování
7. Seznam literatury – jednotný, podle platných citačních zásad

Rozsah pracovní zprávy: 35-40 stran textu
Rozsah grafických prací: tabulky a grafy dle potřeby
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam doporučené literatury:

- BASAŘOVÁ, Gabriela. Pivovarství: teorie a praxe výroby piva. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2010. ISBN 978-80-7080-734-7.
- DOSTÁLOVÁ, Jana a Pavel KADLEC. Potravinářské zbožíznalství: technologie potravin. Vyd. 1. Ostrava: Key Publishing, 2014. 425 s. ISBN 978-80-7418-208-2.
- GOODMAN, Michael K a Colin SAGE. Food transgressions: making sense of contemporary food politics. Farnham: Ashgate, c2014, xiv, 250 s. ISBN 978-0-7546-7970-2.
- Odborné databáze, knihy a periodika (např. WOS, Česká zemědělská bibliografie, CAB Abstracts, PROQUEST) dostupné na: <http://www.lib.jcu.cz/cs/database>
- případné další zdroje.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Pavel Smetana, Ph.D.
Katedra potravní biotechnologií a kvality zemědělských produktů
Konzultant bakalářské práce: Dr. Ing. Jaromír Kadlec
Katedra potravní biotechnologií a kvality zemědělských produktů
Datum zadání bakalářské práce: 6. března 2018
Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2019

V Českých Budějovicích dne 6. března 2018


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentůvě 1998, 370 06 České Budějovice
L.S.


Ing. Pavel Smetana, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 15. 4. 2019

.....

Miroslava Plánská

Poděkování

Ráda bych poděkovala Ing. Pavlovi Smetanovi, Ph.D. za věcné připomínky, vstřícnost při konzultacích a rady, které mi pomohly tuto práci zkompletovat.

Abstrakt

Obecně můžeme říci, že znaky, které se týkají dokvašování různých druhů pív, nejsou pro veřejnost přímým ukazatelem, co se týče kvality piva. A to i přesto, že tyto vlivy přímo ovlivňují sensorické vlastnosti finálního produktu. Stává se zavádějícím, že neznalost označování piva vede konzumenty k mylným představám a domněnce, že např. 12 stupňové pivo, obsahuje 12 % alkoholu. U hodnocených vzorků probíhalo spodní kvašení a monitorování závěrečné výroby piva v cylindrokónických kvasných a zracích tancích. Měřením základních analytických parametrů dokvašování piva byly měřeny parametry, jako je obsahové a hmotnostní procenta v pivu, extrakt, zdánlivý extrakt a mladina. Zde je nejdůležitější především úbytek extraktu a přibývání alkoholu v čase, přičemž hodnota mladiny se téměř nemění.

Klíčová slova: fermentační procesy, pivo, dokvašování, cylindro-konický tank

Abstract

It is possible to say, that signs, connected with fermentation of different kinds of beer, are not direct indicators of beer quality. Although these processes directly affect sensory characteristics of final product. Ignorance of bottle labelling could be misleading, because it can lead consumers to wrong idea that 12-degree beer means 12% of alcohol. Bottom-fermentation of evaluated samples and monitoring final beer production were going in cylindrical-conical beer fermentation tanks. By measuring basic analytical parameters of fermentation, there were evaluated features like content percentage, proportion by mass, apparent extract and wort. There is the most significant decrease of extract and increase of alcohol in dependence on time, while there is almost no change in amount of wort.

Key words: fermentation processes, beer, fermentation, cylinder-conical tank

Obsah

1. Úvod.....	10
2. Literární rešerše.....	11
2.1 Suroviny pro výrobu piva.....	11
2.3 Mikrobiální aktivita a pivovarské kvasinky.....	16
2.4 Parametry při dokvašování piva.....	17
2.4.1 Obsah alkoholu.....	20
2.4.2 Skutečný extrakt.....	20
2.4.3 Zdánlivý extrakt.....	21
2.4.4 Extrakt původní mladiny (EPM).....	22
2.5 Kvašení a dokvašování piva v cylindro-kónických tancích (CKT).....	17
2.6 Další výrobní postupy.....	23
3. Cíl práce.....	25
4. Materiál a metodika.....	26
5. Výsledky a diskuze.....	27
6. Závěr.....	34
7. Seznam literatury:.....	35

1. Úvod

Technologie minipivovaru lze koncipovat tak, že lze vyrábět téměř všemi dříve i v současnosti používanými technologickými postupy. Pivo lze vyrábět v režimu cylindrokónických tanků (CKT), což je v dnešní době využíváno zejména ve velkých pivovarech, kde se kvasný proces odehrává v uzavřené nádobě, ale i v původní podobě kvasných kádí, což jsou vlastně otevřené nádoby. Hlavní kvašení je anaerobní proces přeměny zkvasitelných sacharidů na etylalkohol a oxid uhličitý, při následném dokvašování a zrání, kde se ve zracích tancích pivo sytí oxidem uhličitým pro dodání plnosti a řízu. Tradičně se v CKT mladé pivo přečerpává do jiného tak zvaného dokvašovacího tanku (dvoufázové kvašení). Ve fázi dokvašování jsou klíčové pivovarské kvasinky pro fermentování sacharidů na alkohol a nepostradatelná je též fixace oxidu uhličitého. Významný je zde i extrakt původní mladiny, který je po vykvašení nižší, protože jeho část posloužila jako potrava pro kvasinky, mezitím co vyráběly alkohol a oxid uhličitý.

2. Literární rešerše

2.1 Suroviny pro výrobu piva

- **Voda**

Fillaudeau a kol. (2006) publikuje, že při výrobě piva se spotřebovává specifický objem vody a to od 4 do 11 hl vody na 1 hl piva. Což Kadlec a kol. (2009) specifikuje na 3-5 hl průměrné spotřeby vody na 100 kg vyrobeného sladu. Jednou z hlavních surovin při výrobě piva je varní voda. Dále je využívána voda užitková, která je přítomna u chlazení, čištění a mytí apod. (Hlaváček a Lhotský, 1972).

Dle účelu použití dělíme:

- **varní voda** – splňuje požadavky na vodu pitnou a je zdravotně a hygienicky nezávadná. Ovlivňuje specifické vlastnosti piva a jeho značky;
- **mycí a sterilační voda** – je prostá mikroorganismů, chemických kontaminantů a nezapáchá;
- **provozní voda** – odpovídá standardům, které jsou stanoveny, při varu mladiny musí odpovídat předepsané potravinářské kvalitě (Basařová a kol., 2010).

Dříve se pivovary zásobovaly samy z vlastních pivovarských studní. Se stoupající spotřebou kvalitní vody a poklesem hladiny podzemních vod bylo zapotřebí využít i zdroje další, jako jsou pramenité a povrchové vody a vody z městských vodovodních řádů (Čepička, 1995). Spotřeba vody obecně je využita ze 2/3 v procesu výroby a z 1/3 na čištění (Fillaudeau a kol., 2006).

Dle zdroje přírodních vod dělíme:

- **spodní vody** – pochází z pramenů, studní, nebo vrtů. Mívají méně organických látek a mikroorganismů v porovnání s povrchovými vodami. Velmi záleží na složení geologických vrstev;
- **povrchové vody** – původem z řek, potoků, jezer a přehrad, nejsou v současnosti z hlediska čistoty ideální. Ve větším množství obsahují organické kontaminanty (Basařová a kol., 2010).

Pro kvalitu vody je důležitá její tvrdost, pod čímž se rozumí vyjádřený obsah iontů a kovů alkalických zemin (Ca^{2+} a Mg^{2+}), přičemž se vyjadřuje v milimolech na litr a tímto způsobem rozeznáváme:

- velmi měkké do $0,7 \text{ mmol.l}^{-1}$;
- měkké $0,7 - 1,3 \text{ mmol.l}^{-1}$;
- středně tvrdé $1,3 - 2,1 \text{ mmol.l}^{-1}$;
- dosti tvrdé $2,1 - 3,2 \text{ mmol.l}^{-1}$;
- tvrdé $3,2 - 5,3 \text{ mmol.l}^{-1}$;
- velmi tvrdé nad $5,3 \text{ mmol.l}^{-1}$ (Kadlec a kol., 2009).

- **Chmel**

Chmel propůjčuje pivu specifickou hořkost a aroma, dnes je nezbytnou součástí k dosažení požadované chuti. Chmel otáčivý (*Humulus lupulus*) se nejdříve používal k ochucování medoviny. Teprve až poté, se začal používat pro výrobu piva, kde jeho hořká chuť harmonizovala a vyvažovala sladovou sladkost (Novotný, 2017).

Přibližný obsah vody v chmelu je 12-16 %, vlákniny 12-16 %, popela 6-9 %, dusíkatých látek 15-24 %, tříslovin 2-6 %, pryskyřic 15-24 % a 1 % chmelové silice. Nejdůležitějšími složkami chmele jsou chmelové pryskyřice, silice a polyfenoly, přičemž nositelem hořkosti jsou obecně chmelové pryskyřice a jim chemicky podobné sloučeniny (Basařová a kol., 2010).

Chmelové silice jsou nejdůležitější skupinou látek, které se výrazně podílejí na aroma chmele a najdeme je v lupulinových zrnech chmelové hlávky (Čepička, 2000). Liší se odrůdově, jejich obsahem a složením. Stanovení obsahu chmelových silic poukazuje i na kvalitu chmele (Basařová a kol., 2010). U chmelových silic je tvoří humulen a myrcen (Cibulka, 2003). Za zdroje chuťových sloučenin v pivu považujeme za nejdůležitější chmelové pryskyřice. Významně přispívají k hořkosti také sloučeniny, jako jsou polypeptidy, bílkoviny a vysokomolekulární sacharidy (Palamand a Aldenhoff, 1973). Součástí chmelových pryskyřic tvoří humulon a lupulon svou charakteristickou výraznou hořkou chutí (Cibulka, 2003). Hovoříme zvláště o pryskyřicích měkkých a z nich α -hořkých kyselinách (např. humulon,

kohumulon, adhumulon), které jsou hlavními nositeli hořčící účinnosti extraktů. Podle obsahu, kterého dosahují a také typu vyráběného piva, se řídí dávkování chmele již na varně (Basařová a Čepička 1985).

Čistý humulon je světle žlutá pevná látka, připomínající olejovité kapaliny (Basařová a kol., 2010). Z dalších pryskyřic jsou méně důležité β -hořké kyseliny (např. lupulon, kolupulon, adlupulon), které nazýváme obecně, specifické měkké pryskyřice a tvrdé pryskyřice (Kadlec a kol., 2009). Přirozená směs těchto kyselin tvoří bílé krystalky šesterečné soustavy (Basařová a kol., 2010). Humulon a lupulon se kvůli jejich snadné oxidaci používají do chmelových přípravků. Touto oxidací vznikají různé produkty s cyklizovaným postranním řetězcem. Výrazně se podílejí na hořkosti piva (Velíšek a Hajšlová, 2009)

Polyfenolové látky chmele, stejně jako polyfenolové látky sladu, se značně podílejí na vytváření organoleptických vlastnostech piva. Dále ovlivňují jeho kvalitativní znaky, jako je například oxidoredukční kapacita, stabilita koloidního systému piva, či jeho barvu a pěnivost (Basařová a Čepička, 1985). Důležité jsou jejich technologické vlastnosti, jednou z nich je srážecí účinek na vysoko a středně molekulární bílkoviny při chmelovaru. Podílejí se též na řízu a plnosti piva, přičemž zároveň působí jako antioxidanty během výroby piva a jeho skladování (Kadlec a kol., 2009). V procesu výroby piva se polyfenoly podílejí na reakcích za vzniku nerozpustných bílkovinných komplexů při vylučování hořkých kalů (Prugar a kol., 2008). U chmele určujeme podle obsahu polyfenolů dva typy, přičemž typ „červeňák“ je obsahuje a v typu „zeleňák“ se nenacházejí (Šnobl, 2004).

- **Slad**

Sladový ječmen je hlavním zdrojem škrobu, který se pro vaření používá. Cílem sladování je produkovat enzymy v klíčovém obilce, které způsobují změny v chemickém složení. Sladování ječmene je tedy řízené klíčení a při jeho ukončení se používá přirozené vypalování vyšší teplotou proto, aby vznikla požadovaná chuť a barva (Steiner a kol., 2012).

Pelikán a Sáková (2001) ve své publikaci uvádějí, že kvalitní odrůdy sladovnických ječmenů obsahují 62-65 % škrobu v sušině, a to převážně amylozu a amylopektiny. Sacharidů se v organickém podílu zrna nachází až 82 %

a k nejdůležitějším řadíme škrob, který je uložen v endospermu v podobě škrobových zrn. Platí, že čím jsou větší a více jich obsahuje, tím vyšší je kvalita sladovnického ječmene. Kromě těchto složek jsou významné neškrobové polysacharidy, u ječmene to jsou hlavně β -glukany. Jejich zvýšený obsah vede v ječmeni a následně ve sladu ke zhoršení sladařského a pivovarského zpracování. (Dostálek a kol. 2011).

Během sladování probíhají tři základní biochemické procesy:

- amyolýza – popisuje degradaci škrobu do fermentovaných cukrů;
- cytolýza – popisuje rozpad buněčných stěn během sladování, přičemž jsou jako indikátory drobivost, obsah glukanu a viskozita;
- proteolýza – modifikace zrna bílkovin na formy aminokyselin, přičemž sem řadíme Kolbachův index, rozpustný dusík a volný aminový dusík.
- Interakce mezi těmito procesy ovlivňují chemické složení a proces efektivnosti vaření (Steiner a kol., 2012).

- **Kvalitativní ukazatele**

Zásadním a nosným kritériem pro výrobu sladu je klíčivost. Dále je klíčový ukazatel sladovnické jakosti (USJ), jehož výsledkem je interakce mezi genotypem a prostředím (Černý, 2007). Je to založeno na bodovém systému 9 – 1 (nejlepší – nejhorší). Z dosažených hodnot se matematicky stanoví USJ, přičemž nad 6,0 považujeme odrůdu za sladovnickou a u hodnot nižších za nesladovnickou (Petr a Húska, 1997).

Ukazatele sladovnické jakosti je možno rozdělit do skupin na:

- výběrové odrůdy – USJ 7–9;
- standardní odrůdy – středně jakostní USJ 4–6;
- nestandardní odrůdy – nesladovnické USJ <4 (Černý, 2007).

- **Výroba sladiny a mladiny**

U výroby mladiny je cílem převést optimální množství extraktivní látky ze sladu (především škrob) do roztoku. Pak nastává přeměna nízkomolekulárních sacharidů ve směs pomocí sladových enzymů, které jsou později zkvašeny kvasinkami na etanol a oxid uhličitý (Pelikán a Sáková, 2001).

- **Vystírání a rmutování**

Abychom dokonale smíchali recepturu daného množství šrotu, případně sladových náhražek, s určitým objemem vody a převedli složky extraktu varních surovin do roztoku, je zapotřebí provedení těchto dvou procesů (Kadlec a kol., 2009):

- **vystírání** – smíchání sladového šrotu a vody ve vystírací kádi, do které je později přidávána horká voda, aby konečná teplota byla 35-38 °C (Pelikán a Sáková, 2001);

- **rmutování** – příprava sladiny s požadovanou extraktovou skladbou. Dosáhneme tím postupným vyhříváním, které je optimální pro činnost různých enzymů, až k úplnému zcukření škrobu (Hlaváček a Lhotský, 1972). V pivovarech jsou používány převážně dvouřmutové postupy. Znamená to, že dílčí část rmutu se 2x povařuje. Je nutné použít enzymové preparáty, protože při více než 15% podílu škrobnatých náhražek sladové enzymy nestačí (Kosař, 2000).

- **Scezování sladiny a vyslazování**

Aby se oddělil roztok extraktu (sladiny) od pevných nerozpustných zbytků mláta, použijeme proces scezování. Sladina se odděluje od mláta přes vrstvu pluch, které poslouží jako přirozená filtrace (Pelikán a Sáková, 2001). Kadlec a kol. (2009) uvádějí, že v prvním kroku je oddělen roztok extraktu sladu, který se stihl vyrobít v průběhu rmutování takzvaný předek. Po jeho stečení se vyslazuje promytím mláta horkou vodou až 78 °C teplou. Následně se takto zředěná sladina shromažďuje ve sběrači sladiny.

- **Chmelovar**

Při chmelovaru se tvoří mimo jiné transformační produkty chmelových pryskyřic, které jsou zdrojem hořkosti piva, stabilizují pивní pěnu a díky svým antiseptickým účinkům zvyšují biologickou aktivitu piva (Bamforth, 2016).

- Chlazení mladiny

Provádí se po chmelovaru ve vířivé kádi. Oddělují se zbytky chmele, hořké kaly. Poté je zchlazena na teplotu 5-7 °C (při spodním kvašení). Extrakt zde tvoří převážně sacharidy, hlavně maltóza (Basařová a kol., 2010).

2.3 Mikrobiální aktivita a pivovarské kvasinky

Podle vyhlášky č. 248/2018 Sb. se pivem rozumí pěnivý nápoj vyrobený zkvašením mladiny připravené ze sladu, vody, neupraveného chmele, upraveného chmele nebo jiných chmelových výrobků. Etanol vzniká kvasným procesem a přidáním oxidu uhličitého, dále obsahuje také množství neprokvašeného extraktu (Dostálek a kol. 2011). Pivovarské kvasinky jsou jednobuněčné houbové mikroorganismy. Při své metabolické aktivitě dokážou tyto kvasinky přeměňovat jednoduché, zkvasitelné cukry na alkohol (Kosař, 2000). Tyto mikroorganismy musejí mít pro svůj růst zajištěné vhodné podmínky a dále musejí mít pro svou činnost k dispozici biogenní prvky, z nichž nejdůležitějšími jsou uhlík, dusík, a fosfor. Nezbytné jsou také růstové faktory, jako jsou vitaminy, aminokyseliny a minerální látky.

Pro své biosyntetické pochody, je důležité zajistit dostatečný přívod živin a energie (Kadlec a kol., 2013). Mikrobiální aktivita se podílí na každém kroku jeho výroby a definuje mnoho senzorických vlastností, které přispívají ke konečné kvalitě produktu. Zatímco fermentace obilninových extraktů kvasinek *Saccharomyces* je nejdůležitějším mikrobiálním procesem podílejícím se na výrobě, rozsáhlé spektrum dalších mikroorganismů ovlivňuje celý děj. Všechny kmeny *Saccharomyces*, které jsou v praxi používány při výrobě piv po celém světě klasifikovány do kategorií pivovarských a ležárních kvasnic (Bokulich a Bamforth, 2013).

Při kvašení se chuť mladého piva mění a tato změna souvisí s metabolismem kvasinek. Svrchně kvašená jsou obvykle aromatická (Velíšek a Hajšlová, 2009). Dále řadíme kvasinky spodního kvašení nebo také spontánní mikroflóru mléčných či octových bakterií (Dostálová a Kadlec, 2014).

V pivovarství jsou používány dva základní druhy kvasinek, z nichž každý umožňuje odlišný typ piva. Jedná se o svrchní kvasinky (*Sacchromyces cerevisiae*) a o kvasinky spodního kvašení (*Saccharomyces pastorianus*), lišící se v několika parametrech. Nejvýznamnější rozdíl mezi kvasinkami spodního a svrchního kvašení je ve složení buněčných stěn, různé provozní teplotě a rozdílné tvorbě vedlejších produktů po sensorické stránce (Kadlec, 2009). Při výrobě piva typu ležák jsou zapotřebí kvasinky spodního kvašení. Při působení nižších teplot (7-15 °C) se po ukončení kvašení usazují na dně kvasné nádoby. Vyšší teplotu (18-22 °C) použijeme pro kvasinky svrchního kvašení, kdy jsou kvasnice při výrobě vynášeny do tzv. kvasničné deky (Nerušilová, 2006). *Sacchccomyces cerevisiae* řadíme mezi termofilní kvasinky a je pro ně charakteristický nízký obsah nenasycených a nasycených mastných kyselin. Kvasinky se zpravidla pěstují v teplotách 25-28 °C. Pivovarské kvasinky ještě kvasí při 0 °C, ale už se nerozmnožují. Jsou citlivé na teplotní šok (Kocková-Kratochvílová, 1982).

Alkoholové kvašení můžeme též nazvat dekarboxylační glykolýzou. Z cukru vzniká glykolýzou pyruvát, který je následně dekarboxylován fermentujícími kvasinkami (odnětí CO₂) na acetaldehyd, jež je redukován na etanol (Klaban, 2001). Syntéza aromatických alkoholů je velice citlivá na změny teploty. Na druhou stranu podmínky, které omezují růst kvasnic, jako je nižší teplota a vyšší tlak oxidu uhličitého (CO₂), snižují rozsah vyšší produkce alkoholu. Dále pak složení aminokyselin má významný vliv na vyšší produkci alkoholu (Willaert a Nedovic, 2006).

2.5 Kvašení a dokvašování piva v cylindro-kónických tancích (CKT)

V současné době se stala tato technologie nejpoužívanější především ve velkých pivovarech. Cylindro-kónické tanky jsou uzavřené válcovité nádoby s kuželovitým dnem, které jsou vyrobeny z nerezavějící oceli o objemu až 5 000 hl vybavené plášťovým chlazením, které se dělí do 2-4 chladících zón. Výhodou je jednoduchá automatizace celého procesu (Kadlec a kol., 2009).

Proces dokvašování a zrání piva je významný pro zkvašování sacharidů při nízkých teplotách, jehož účelem je nasycení a fixace oxidu uhličitého v pivu (Basařová a Čepička, 1985).

U hlavního kvašení a dokvašování se stává použitá voda nejvíce znečištěnou (Pelikán a Sáková, 2001). Je možné, aby tyto dva děje probíhaly v jednom tanku, tedy jednofázové kvašení, to ale vyžaduje vyšší nároky na hygienu, ale plusem se stávají ekonomické přednosti. Nebo je možné vyrábět pivo v tradičním postupu CKT, kdy se mladé pivo přečerpá do jiného dokvašovacího CKT, v tomto případě jej nazýváme dvoufázové kvašení (Kadlec a kol., 2009).

- **Hlavní kvašení** – zde probíhá přeměna zkvasitelných sacharidů na etylalkohol, oxid uhličitý a vedlejší produkty při anaerobním kvašení. Lze vyjádřit rovnicí:



V průběhu tohoto kvašení piva jsou vyšší alkoholy vyráběny kvasinkovými buňkami jako vedlejší produkty (Willaert a Nedovic, 2006). Přibližně $\frac{3}{4}$ sensoricky aktivních látek jsou tvořeny v průběhu hlavního kvašení. Mezi aktivní látky zařazujeme mimo jiné vyšší alkoholy, které přispívají k celkovému charakteru piva, jsou prekurzory vzniku esterů (přispívají k vůni piva). Celková koncentrace ve spodně kvašených pivech je 60-90 mg.l⁻¹ zatímco u svrchně kvašených piv je nad 100 mg.l⁻¹. Dalšími látkami jsou aldehydy, které se tvoří především v počáteční fázi fermentace a později jsou odbourávány. Poslední zmíněnou látkou jsou vicinální diketony. Jsou známé především jako vedlejší produkty kvašení – např. diacetyl způsobuje máselnou chuť a je tvořen kvasinkami v počáteční fázi kvašení (Kadlec a kol., 2009).

Cukry a ostatní živiny, které jsou přítomny v kapalné fázi, musí být rozptýleny do kvasinkové buňky, ta je metabolizována různými enzymy na etanol. Celistvost buněčné membrány hraje klíčovou roli při určování, jejich vlastností a metabolické aktivity (Pilkington a kol., 1998). Doba kvašení odpovídá počtu stupňů mladiny a u konce hlavního kvašení spodní kvasinky sedimentují na dně kvasného tanku, kdy po odčerpání piva je možné je odeprat a proprat a poté ještě asi 5x znovu nasadit. Oxid uhličitý, který vznikl, je následně potrubím odváděn do stáčírny, kde se použije při stáčení piva (Pelikán a Sáková, 2001).

Významným enzymem, vázaným na buněčnou stěnu kvasnic je invertáza, která je schopna štěpit sacharózu ze živného prostředí na monosacharidy glukosu a fruktózu před jejich transportem do nitra buňky (Šrogl a kol., 2007).

Hlavní kvašení probíhá ve spilce a podle typu vyráběného piva se řídí a upravuje podle podmínek místních poměrů kde je vyráběno. Záleží také na teplotě, kdy při studeném kvašení je nejvyšší možná teplota 9 °C a při teplém kvašení zase nepřesáhne teplotu vyšší než 14 °C (Hlaváček a Lhotský, 1972).

U hlavního kvašení lze pozorovat tyto stádia:

- **zapašování** – unikajícím CO₂ se tvoří pěna, mírně klesá pH a hodnota extraktu teplota naopak mírně stoupá;
- **nízké bílé kroužky** – tvoří se přibližně 2 až 3 dny v době maximálního utváření CO₂, opět klesá hodnota pH a extraktu, teplota stoupá (nejintenzivnější kvašení);
- **vysoké hnědé kroužky** – trvají kolem 3 dní, kaly se sráží a jsou vynášeny na povrch kroužků. Hodnota pH a extraktu klesá, teplota stoupá a je nezbytné včas začít chladit;
- **propadání deky** – značí fázi maximální aglutinace a sedimentace kvasnic, přičemž se extrakt snižuje pozvolna. Kroužky se propadají a „deka“ vyžaduje včasné sebrání. V tuto chvíli je pivo zralé k sudování do ležáckého sklepa (Basařová a Čepička, 1986);

Kadlec a kol. (2009) dodávají, že po odčerpání mladého piva se kvasinky na dně kádě sbírají, poté se properou studenou vodou a mohou se opakovaně nasadit na zkvašení mladiny. Podle hodnoty původního extraktu je celková doba, kdy pivo fermentuje zpravidla 6-10 dní.

- **Dokvašování a zrání piva** – mladé pivo se dokvašuje při 1–3 °C v ležáckém sklepě v ocelových sudech nebo nerezových tancích, přičemž se číří, zraje a sytí se CO₂ celé dva týdny, pro dodání plnosti a řízu piva a to na 0,5 %, což je optimální hodnota (Pelikán a Sáková, 2001). Kadlec a kol. (2009) tyto informace specifikuje na dokvašování a zrání piva a upozorňuje, že doba zrání kolísá v závislosti na typu piva a koncentraci mladiny v rozmezí 1–10 týdnů při umístění v nádobách v ležáckém sklepě při teplotě -2 až 3 °C.

2.4 Parametry při dokvašování piva

2.4.1 Obsah alkoholu

Značí množství alkoholu, které se vytvořilo ze zkvasitelných cukrů extraktu mladiny pivovarskými kvasinkami, což nám tedy sděluje, že alkohol se do piva dostává až během kvašení, kdy kvasinky mění cukry v mladině na oxid uhličitý a zmíněný alkohol. Poukazuje to na fakt, že stupňovitost se neoznačuje číslo procent alkohol v pivu (Kosař, 2000).

Stanovení alkoholu se provádí destilační (rozhodčí) metodou, nebo refraktometricky.

- **Metoda destilační:** určité množství piva destiluje, přičemž z měrné hodnoty destilátu, která je stanovena pyknometricky se určuje obsah alkoholu a z měrné hmotnosti piva zbaveného oxidu uhličitého a etanolu se stanoví obsah skutečný.
- **Refraktometrické stanovení:** stanovení refrakce piva zbaveného oxidu uhličitého, přičemž se z odečtené refrakce a z měrné hmotnosti piva zjišťují příslušné vzorce z obsahu alkoholu a skutečného extraktu (Pelikán a Suková, 1998).

2.4.2 Skutečný extrakt

Skutečným extraktem rozumíme nezkašený extrakt piva, které bylo zbaveno oxidu uhličitého a alkoholu doplněného vodou, a to na jeho původní hmotnost. Jsou to tedy rozpuštěné látky ze sladu do vody (Kosař, 2000). Pelikán a Suková (1998) uvádějí, že u stanovení extraktu, se souhrn látek zrna ječmene a sladu přímo rozpustných ve vodě a látek převedených do roztoku enzymatickou hydrolýzou a hlavní podíl extraktu je tvořen podíly škrobu schopných štěpení, přičemž metodu můžeme zařadit mezi chemickou zkoušku sladovnické jakosti ječmene. Stanovení extraktu sladu je hlavním kritériem pivovarské hodnoty sladu, kdy souhrnné látky přejdou do roztoku za podmínek konvenční kongresní metody (EBC) a jsou vyjádřeny v hmotnostních procentech. Stanovujeme ve speciální rmutovací lázni, přičemž množství extraktu v sušině kolísá mezi 78-82 % a při tomto stanovení se zároveň určuje doba zcukření a doba stékání sladiny, kdy po jejím přefiltrování určíme i čírost a barvu sladiny. V jiné publikaci si můžeme povšimnout, že Pelikán a Sáková (2001) zmiňují, že za optimum je považována hodnota vyšší než 82 %, které při rmutování přešli kvůli činnosti enzymů do roztoku sladiny. Dále pak extraktem cukru rozumíme

koncentraci všech rozpustných složek a ukazuje na jakost produktu a modifikace buněčné stěny je rozhodující pro efektivitu procesu (Basařová a kol., 2010). Výtěžnost extraktu je jedním z nejdůležitějších znaků jakosti sladu. (Steiner a kol, 2012).

Obsah extraktu v mladině by měl odpovídat druhu piva, které se vyrábí, takže 10° pivo musí obsahovat 10 % hmotnosti extraktu (Pelikán a Sáková, 2001).

Skutečný obsah (E_s) můžeme stanovit po odpaření alkoholu z piva a doplnění původní hmotnosti vodou. Prokvašení se vypočítá podle vzorce:

$$P_s = \frac{(E_p - E_s) * 100}{E_p},$$

kde P_z – zdánlivé prokvašení v %;

P_s – skutečné prokvašení v %;

E_p – extrakt původní mladiny % hmotnosti (Basařová a kol., 2010).

2.4.3 Zdánlivý extrakt

Zdánlivý extrakt nebo také relativní extrakt řadíme mezi ukazatele hodnocení jakosti sladu (Pelikán a Suková, 1998). Je závislý na obsahu extraktu i obsahu alkoholu, jedná se o extraktivnost piva, které bylo zbaveno oxidu uhličitého (Kosař, 2000).

Je reálné zdánlivý extrakt stanovit pomocí sacharometru, nebo jej vyčíslit z měrné hmotnosti. Obecně je jeho hodnota nižší než u skutečného extraktu podle vzorce:

$$P_z = \frac{(E_p - E_z) * 100}{E_p},$$

kde P_z – zdánlivé prokvašení v %;

P_s – skutečné prokvašení v %;

E_p – extrakt původní mladiny % hmotnosti (Basařová a kol., 2010).

2.4.4 Extrakt původní mladiny (EPM)

Jedná se o obsah rozpuštěných látek původní mladiny, tedy jak silné pivo bude vyrobeno. Mladina je meziprodukt vzniklý na varně. Je to sladko-hořký roztok, připravený k zakvašení, ale ještě předtím se v něm měří obsah cukru (extrakt) v hmotnostních procentech, který určuje "sílu" piva. Pokud je tak například v jednom litru mladiny 120 gramů cukru (tedy 12 procent), jedná se o dvanáctistupňové pivo. (Kosař, 2000).

Stanovení původní stupňovitosti mladiny se provádí výpočtem hodnot alkoholu (A) a skutečného extraktu (n) podle Ballingova vzorce, přičemž údaj hodnoty alkoholu nám musí být již známý:

$$P = \frac{(A * 2,0665 + n * 100)}{100 + A * 1,0665},$$

kde P – stupňovitost původní mladiny v % hmotnostních;

2,0665 – množství extraktu v g nutné k vytvoření 1 g alkoholu;

1,0665 – množství látek v g vzniklých při kvašení na 1 g alkoholu.

Díky tomuto výpočtu původní stupňovitosti mladiny je možné provést následující kontrolu dodržení receptury při výrobě piva, též nazývanou velikost sypání (Pelikán a Suková, 1998).

2.6 Další výrobní postupy

Sem řadíme další kroky při úpravě piva za účelem prodloužení trvanlivosti. Jedná se o filtraci a pasteraci.

Filtrace

Filtrace je nutná kvůli odstranění tuhých látek, částic chmele, sladu a kvasnic (Daufin a kol., 2001). Kromě toho by tato operace měla také zajistit biologickou stabilitu piva. Standardní filtrace spočívá v zadržování pevných částic a rozpuštěné látky, které jsou odpovědné za zákal. Vyčištěné pivo se v současné době získává filtrací bez filtru s filtračním lisem za použití filtračních pomůcek, zejména křemeliny, ale také s perlitem, celulózou nebo aktivním uhlím (Fillaudeau a kol., 2007). Slabý a kol. (2018) uvádí, že filtrace je také důležitá při přípravě piva k transportu a prodeji a je bez ní téměř nemožné zajistit trvanlivost v řádu měsíců. Měly by se s její pomocí odstranit látky způsobující zákal, ale nemělo by dojít ke snížení pěnivosti piva.

Pasterace

Pasteraci piva provádíme, abychom zvýšili jeho biologickou stabilitu. Zejména se používá pasterace piva v lahvích či v plechovkách a tunelových pastérech při teplotě 62 °C. Méně často používanou metodou je mžiková pasterace v průtokových pastérech při vyšší teplotě (Chládek, 2007). Stabilita po dobu 3 až 6 měsíců může být zajištěna, když se dosáhne likvidace organismů způsobujících organoleptické změny piva, jako jsou bakterie a kvasinky (Fillaudeau a Carrère, 2002).

Stabilita piv

U piv určených k exportu může dlouho trvat, než se dostanou ke spotřebiteli, a především je nezbytné zachovat všechny kvalitativní parametry. Zejména jej ochránit před teplem, světlem či je koloidně stabilizovat a tím odstranit prekurzory, které tvoří zákal (Dostálek a kol., 2011).

Stabilitu piv dělíme na:

- **biologickou** – je způsobena více vlastnostmi piva: nízkým pH, vysokým obsahem CO₂ a nízkým obsahem živin, kyslíku a antiseptickými účinky chmelových kyselin a obsahem alkoholu (Boulton, 2013). Piva jsou nejčastěji kontaminována bakteriemi mléčného nebo octového kvašení. K jejich eliminaci je důležité dodržování správných výrobních a hygienických zásad a kritických bodů tzv. HACCP (Bamforth, 2008).
- **nebiologickou** – jedná se zde o koloidní stabilitu trvanlivosti, především se zaměřením na časový interval, ve kterém dojde k detekovaným změnám (Dienstbier, 2010);
- **gushing** – neboli přepěňování ihned po otevření lahve. Může nastat v kterékoliv fázi výroby piva, kdy je tlak uvolňován, nejčastěji jej můžeme zaznamenat u ležáckých piv (Carrington a kol., 1972). V litru lahvového piva je obsaženo přibližně 5 g CO₂ a to v jedné formě jako kyselina uhličitá (0,1-0,2 %) nebo ve formě mikro bublinek, u kterých je významným aspektem povrchové napětí, jehož snížení vede k jejich zvýšenému výskytu (Bamforth, 2008).

3. Cíl práce

Cílem práce je sledovat závěrečnou fázi výroby piva (kvasného procesu) v cylindro-konických kvasných a zracích tancích. Sledovat a měřit základní analytické parametry při dokvášení piva (např. obsah alkoholu, extraktu, zdánlivého extraktu, stupňovitost, hustotu apod.). Výsledky zpracovat do tabulek a grafů a statisticky vyhodnotit.

4. Materiál a metodika

Bylo odebráno celkem 5 vzorků piv s rozdílnou hodnotou extraktu původní mladiny v různém stadiu prokvašení. Před jejich rozbořem byl každý vzorek temperován na +20 °C, pomocí ultrazvukové lázně AU-32 Ultrasonic Cleaner (ARGO LAB, Itálie) byl odseparován CO₂ a následně bylo provedeno stanovení vybraných parametrů na přístroji FermentoFlash (FunkeGerber, Německo), při termické analýze, přičemž každý ze vzorků je měřen s opakovatelností 3x po sobě vždy na základě kalibrace na standard. Analyzována byla hmotnost a objem alkoholu, zdánlivý a skutečný extrakt a extrakt původní mladiny.

Princip měření:

- Vzorek je nasát pomocí hadiček čerpadla do měřicí kyvety.
- Pomocí termické analýzy je stanoven obsah alkoholu, extraktu a hustoty.
- Následně je určena hodnota zdánlivého extraktu, stupňovitosti a osmotického tlaku.

Výsledky byly tabulkově a graficky zpracovány v programu Microsoft EXCEL (Microsoft, USA).

Tab. 1: Vzorky k analýze odebrané ve Výzkumném a výukovém pivovaru JČU

	Vzorek č. 1	Vzorek č. 2	Vzorek č. 3	Vzorek č. 4	Vzorek č. 5
EPM	10° středa	10° čtvrtek	12°	14°	13° tmavá
Způsob kvašení	Spodně kvašené	Spodně kvašené	Spodně kvašené	Spodně kvašené	Spodně kvašené
Norma označení piva	Výčepní pivo	Výčepní pivo	Ležák	Speciální pivo	Speciální pivo

5. Výsledky a diskuze

Všechny výsledky uvedené v tabulce č. 2, jsou vyhodnoceny v procentuálním zastoupení, přičemž jsou zde znázorněny všechny naměřené hodnoty a jejich opakování, kterých se bude týkat celá sekce diskusí a výsledků. Přičemž chmel, ze kterého se pivo vyrábělo, byl odrůdy Žatecký poloraný červeňák a obsahuje 4,5 % α -hořkých kyselin a odrůda Sládek jich obsahuje 7,5 %.

Celkový obsah alkoholu je důležitým ukazatelem, který pivovar musí splňovat podle Zákona o potravinách č. 110/97 Sb., který zařazuje piva do kategorií hodnot podle procent alkoholu. Lze si všimnout, že více stupňová piva mají také vyšší hmotnostní i objemové % alkoholu pohybující se od 2,32 % hm. (vzorek č. 2 při třetím opakování) do 4,76 % (vzorek č. 4 při prvním měření) a od 3,01 % (vzorek č. 2 třetí opakování) do 6,05 % obj. alkoholu (prvním měření), přičemž nejnižší hodnota byla zjištěna v obou případech ve vzorku č. 2 a nejvyšší hodnota ve vzorku č. 4. Bavíme-li se o objemu alkoholu, je zjevné, že vzorek č. 4, označený jako 12°, neobsahuje 12 % alkoholu, ale je v něm naměřeno 6,03 % obj., obdobně tento princip platí u všech analyzovaných vzorků.

Ve srovnání s extraktem a zdánlivým extraktem je viditelný rozdíl především ve vzorku č. 1 a vzorku č. 5, a lze říci, že vyšší hodnoty vykazoval druhý zmíněný vzorek, a to v obou případech analýzy. Podrobněji vzorek č. 5 dosáhl nejvyšší hodnoty při třetím měření – 6,02 %, kdežto ve vzorku č. 1 je to pouze 4,42 % – první měření. Co se týče určení zdánlivého extraktu, vzorek č. 5 dosáhl hodnoty nejvyšší – 3,77 % (třetí opakování) a vzorek č. 1 pouze 2,71 % (první opakování).

Posledním parametrem v souhrnné tabulce je procentuální obsah mladiny, u které byly naměřeny nejvyšší hodnoty ze všech sledovaných parametrů, kde platí stejná korelace jako u posuzování alkoholu, tudíž čím má pivo více stupňů, tím více procent mladiny je v něm obsaženo. Významná je zde hodnota při porovnání vzorku č. 1, který vykazuje nejnižší numerické vyhodnocení – 8,91 % (třetí opakování) a nejvyšší hodnotu nalezneme ve vzorku č. 4, která dosahuje 14,24 % (první měření).

Tab. 2. Souhrn naměřených hodnot vzorků piv

	Vzorek č. 1	Vzorek č. 2	Vzorek č. 3	Vzorek č. 4	Vzorek č. 5
Hmotnostní	2,52	2,33	3,42	4,76	3,56
alkohol	2,48	2,33	3,40	4,75	3,53
(%)	2,48	2,32	3,37	4,72	3,51
Objemový	3,24	3,03	4,39	6,05	4,58
alkohol	3,20	3,02	4,36	6,04	4,54
(%)	3,20	3,01	4,34	6,00	4,52
Extrakt	4,42	4,99	5,54	5,49	5,99
(%)	4,46	4,97	5,55	5,48	6,01
	4,44	4,94	5,56	5,50	6,02
Zdánlivý	2,71	3,20	3,42	3,01	3,74
extrakt	2,75	3,19	3,43	3,00	3,76
(%)	2,74	3,17	3,44	3,02	3,77
Mladina	8,96	9,04	11,67	14,24	12,31
(%)	8,93	9,02	11,63	14,21	12,26
	8,91	8,99	11,60	14,17	12,22

Pro lepší přehlednost jsem zanesla zjištěné hodnoty do následujících grafů, a to po zprůměrování všech naměřených hodnot u konkrétních parametrů s matematickým výpočtem směrodatné odchylky (σ). Následně jsem popsala korelace v grafu 1 mezi objemovým alkoholem a hmotnostním alkoholem a v grafu 2 je znázorněna a popsána korelace mezi zdánlivým extraktem a extraktem. Graf 3 obsahuje pouze ukazatele mladiny mezi všemi naměřenými vzorky.

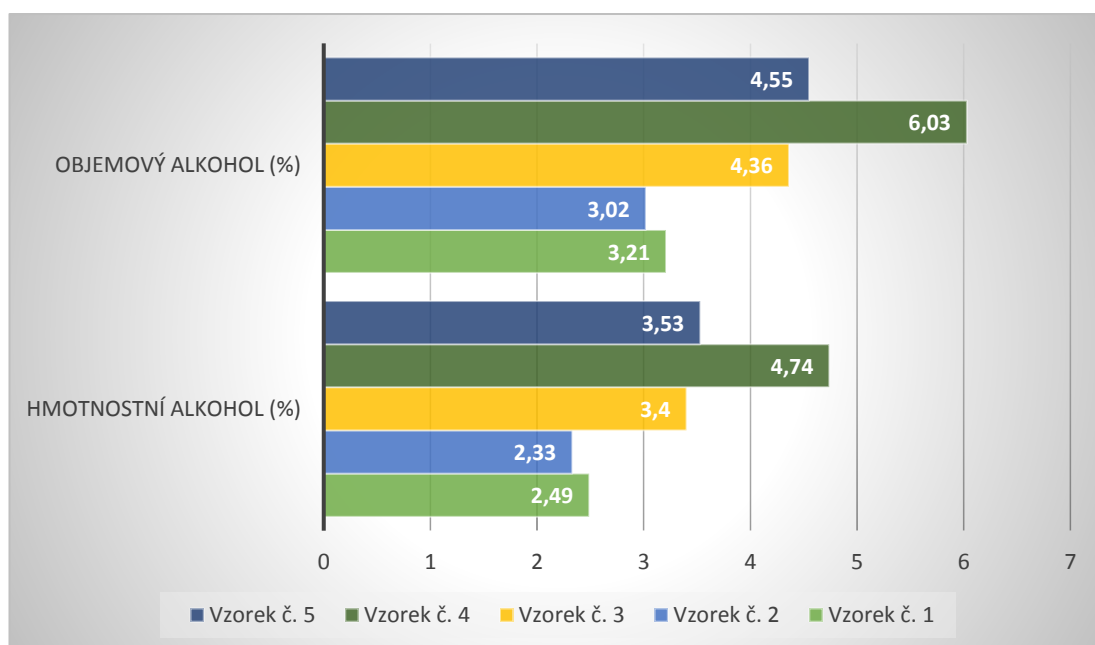
Kábelová-Ficová a kol. (2017) uvádějí, že vlastní zbytkový extrakt při jejich experimentu osciloval mezi 4,0-6,5 % a dále i obsah etanolu odpovídal stupni prokvašení, což potvrzuje také zbytkový a aktuální extrakt v rovnováze.

Objemový alkohol v grafu 1 dosahuje prokazatelně vyšších hodnot než hmotnostní alkohol. Vzorek č. 1 se liší o necelé jedno procento, kdy objem alkoholu dosahuje vyšší hodnoty 3,21 % ($\sigma = 0,018$) a hmotnostní alkohol dosáhl pouze 2,49 % ($\sigma = 0,108$). Vzorek č. 2 vykazuje též vyšší naměřenou hodnotu u prvního zmíněného parametru, a to 3,02 % ($\sigma = 0,008$), naproti tomu u hmotnostního alkoholu byla naměřena směrodatná odchylka o polovinu nižší ($\sigma = 0,004$) v průměrném vyhodnocení 2,33 %. Jiné hodnoty uvádí například Bekeniová (2010) ve své diplomové práci, přičemž největší shody si lze všimnout u vzorků Starobrno 10° - A a B, které svým objemem alkoholu dosáhly u vzorku A 3,84 % a u vzorku B 3,99 %. Důležitějším se však stává fakt, že české pivo toho typu má obsahovat od 2,80 % do 5 % objemového alkoholu, což ve vzorcích č. 1 a 2 platí. Další měřený vzorek č. 3 je rozdílný také o necelé jedno procento s vyšší hodnotou u objemového alkoholu, která je 4,36 % a menší naměřená hodnota u hmotnostního alkoholu dosáhla 3,4 %. V obou numericky vyznačených parametrech je směrodatná odchylka stejná a činí ji 0,020. U světlých ležáků Bekeniová (2010) uvádí, že Prazdroj 12° obsahoval 4,5 % objemu alkoholu a vykazoval tak nejbližší shodu při analýze s mým vzorkem č. 3 (4,36 %). I zde se zmiňuje o rozsahu toho parametru pro české pivo, který činí 3,80 a 6 % objemu alkoholu. V případě vzorku č. 4 se hodnoty výrazně zvýšily a rozdíl mezi nimi rovněž. Liší se téměř o 1,30 %, kdy objemový alkohol dosáhl nejvyšší hodnoty ze všech měřených vzorků – 6,03 % ($\sigma = 0,021$) a při měření hmotnostního alkoholu je patrná nižší hodnota – 4,74 % se směrodatnou odchylkou též nižší ($\sigma = 0,016$).

Písková (2015) se zmiňuje o naměřeném alkoholu ve vzorku 7, kterým mělo být 12° pivo, který dosáhl hodnoty u hmotnostního alkoholu 5,99 % a u objemového 5,91 %, což je v rozporu s Kábelová-Ficová a kol. (2017), která ve své publikaci uvedla, že nápoje klasifikované jako 10° obsahují 2,8-3,5 % hmotnostního alkoholu a piva typu ležák označené 12° zahrnují 3,5-4,2 % hmotnosti alkoholu. Což předem napovídá, že pivo muselo mít vyšší obsah extraktu původní mladiny a neodpovídal ležáckému typu piva, což je detailněji popsáno u grafu 3. Poslední hodnocený vzorek č. 5 též dosahoval vyšších výsledků v porovnání se vzorky č. 1,2,3. Korelace mezi vzorky je něco málo přes 1 %, přičemž objem alkoholu se 4,55 % ($\sigma = 0,024$) je opět vyšší než hmotnostní alkohol, který dosáhl 3,53 % ($\sigma = 0,020$). Podle výsledných hodnot, které uvádí Novotný (2012) ve své bakalářské práci je můj vzorek č. 5 shodný s tmavým ležákem, (Merlin černý) jehož výrobcem je K. Brewery Trade a.s, Praha, který dosáhl skutečný obsah alkoholu 4,71 % a po zprůměrování s naměřeným objemovým alkoholem u mého vzorku se liší pouze o 0,16 %.

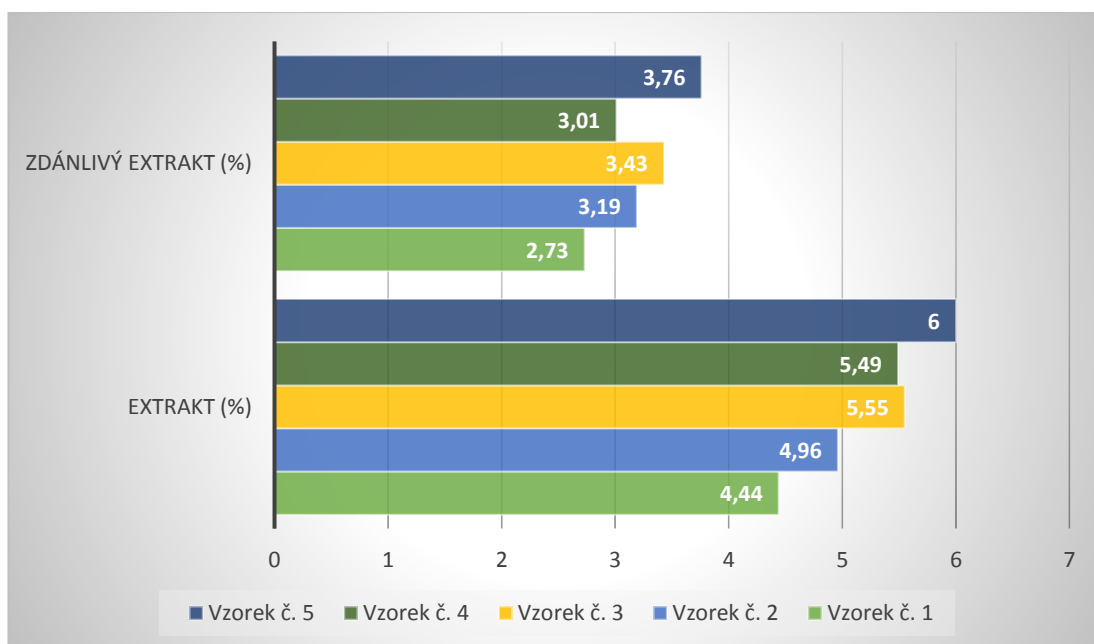
Bekeniová (2010) se ještě zmiňuje, že obsah alkoholu je důležitým ukazatelem, který je pivovar povinen splňovat pro jednotlivé kategorie piv podle zákona o potravinách č. 110/1997 Sb. Což bylo v souladu v s mými odebranými vzorky z pivovaru.

Graf 1: Korelace mezi objemem alkoholu a hmotností alkoholu v pivu vyjádřená v %.



V grafu 2 je zřejmé, že vyšší hodnoty jednoznačně dosahuje extrakt v porovnání se zdánlivým extraktem, který ve většině případů má přibližně o 2 % méně. Vzorek č. 1 má konkrétně o 1,71 % diferenční hodnotu, kdy u extraktu je v průměru dosaženo hodnoty 4,44 % ($\sigma = 0,016$) a zdánlivý extrakt má hodnotu nejnižše naměřenou se všemi porovnávanými vzorky (2,73 %), přičemž směrodatná odchylka je totožná. Vzorek č. 2 se též liší o necelá 2 % a vyšší zastoupení má ukazatel druhý, kterým je extrakt. V průměru dosáhl 4,96 % ($\sigma = 0,020$) a zdánlivý extrakt, který dosáhl 3,19 % ($\sigma = 0,012$). Kábelová-Ficová a kol. (2017) uvádějí, že hodnocená piva za použití Žateckého poloraného červeňáku (ŽPČ), si jsou v jejich publikaci nejbližší s hodnotami vzorku č. 1 a 2 v této bakalářské práci. Vzorek 4 a 6 (ŽPČ) mají skutečný extrakt stejný, který se liší od vzorku č. 1 v zde o 0,66 % a dosahuje tak v obou případech 5,1 %, což je údaj podobající se i vzorku č. 2. Vzorek 16 (ŽPČ), je v tom případě ve všech porovnání stále vyšší, i když blízký si a dosahuje 5,6 %. Též zdánlivý extrakt lze u těchto výčepních piv porovnat. Oproti vzorkům zde, vzorek 4 měl 3,8 %, vzorek 6 měl 3,6 % a vzorek 16 (ŽPČ) dosáhl 4,3 % z čeho si lze povšimnout mnohem nižší hodnoty u vzorku č. 1, u které bylo naměřeno pouhých 2,73 %. Rozdíl mezi parametry u vzorku č. 3 přesahuje 2 %, lze si všimnout stejně směrodatné odchylky mezi měřeními vzorky ($\sigma = 0,008$), přičemž průměr analyzovaných vzorků u extraktu je 5,55 % a u zdánlivého extraktu byla vypočítána nižší hodnota 3,43 %. Písková (2017) uvedla, že vzorek 7 v její práci, kde byl jako chmel použitý ŽPČ se vyšplhal k 5,40 % u skutečného extraktu a 3,12 % zdánlivého extraktu, tudíž se mírně liší, ale přesto bychom z těchto informací nedokázali vyvodit, že se ve finále jednalo a pivo silnější, než kterým ve skutečnosti mělo být. Tyto hodnoty by mohly být věcné i v souvislosti s pivním speciálem vzorku č. 4, kde komparabilita dosahuje až k necelým 2,5 % mezi ukazateli, že rozmezí mezi zdánlivým extraktem a skutečným extraktem mezi sebou dosahuje v každém vzorku o něco vyšší hodnoty. Vzorek č. 4 tedy vykazuje 5,49 % skutečného extraktu a 3,01 % zdánlivého extraktu ($\sigma = 0,008$). Poslední posuzovaný vzorek č. 5 při porovnání parametrů dosahuje 2,24 % mezi zdánlivým extraktem, který je nižší a dosáhl 3,76 % ($\sigma = 0,012$). Extrakt zde dosáhl v porovnání se zbylými vzorky nejvyšší hodnoty a činí ji v průměru 6 % ($\sigma = 0,012$). Vedle toho Novotný (2012), zjistil ve svém vzorku tmavého piva (Merlin) 5,70 % skutečného extraktu, tudíž jsou parametry odpovídající a experiment lze označit za shodný.

Graf 2: Korelace mezi zdánlivým extraktem a extraktem v pivu vyjádřená v %.



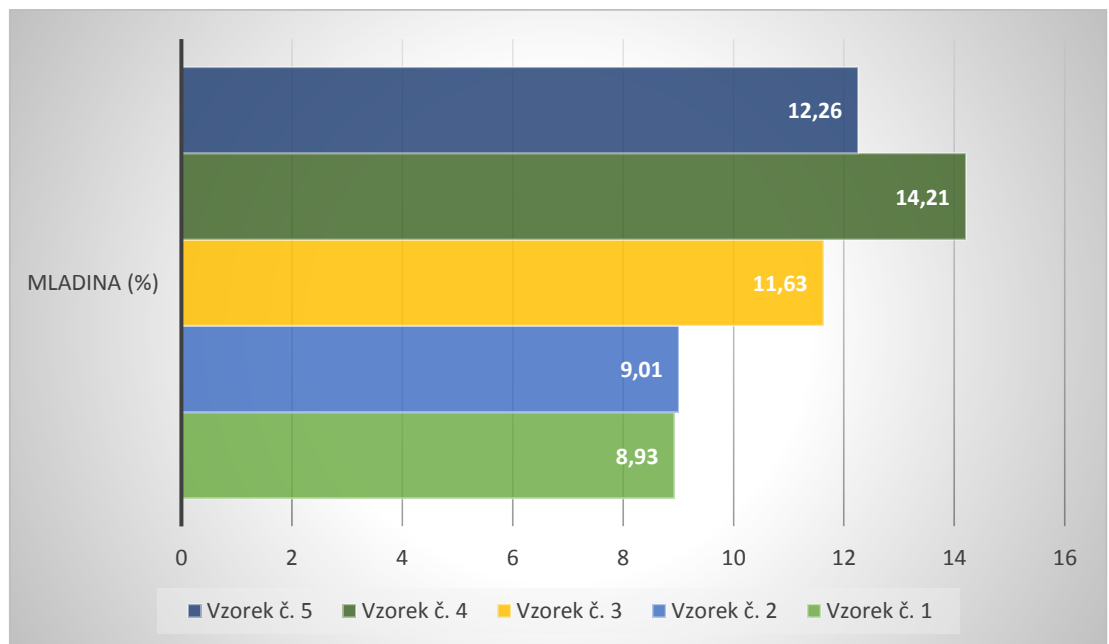
Obsah extraktu pôvodní mladiny je ze všech zmiňovaných parametrů výrazně vyšší, a lze si všimnout vzorku č. 4, který dosahuje 14, 21 % ($\sigma = 0,028$). Jeho hodnota je shodná se stupňovitostí vzorku a jako jediná jej dokonce převyšuje. Písková (2015) ve své diplomové práci uvádí, že při varném procesu, za použití pouze žateckého poloraného červeňáku byl výsledek u pivního speciálu vzorku 7 s extraktem původní mladiny 17,25 %, přičemž cílem bylo uvařit várky se stupňovitostí 12°. Udává ovšem, že její naměřené hodnoty jsou vyšší a mohlo to být způsobeno odparem vody při chmelovaru. Vzniklo tak pivo o něco silnější, než jaký byl záměr. Proto je objektivní tvrzení, že tento vzorek si je spíše podobným se vzorkem č. 4 než vzorkem č. 3 v mé bakalářské práci.

Ostatní vzorky mají v průměru nepatrně nižší obsah procent mladiny, který zpravidla není vyšší než 1 %, s rozdílem, u vzorku č. 1 a 4 což jsou vlastně druhy piva s nejnižší a nejvyšší stupňovitostí. Přesto lze rozeznat, o jaký typ piva se jedná, podle pouhých procent naměřené mladiny.

V případě, že se na vzorky detailně podíváme postupně, vzorek č. 1 má nejnižší vypočítaný průměr všech hodnot, který dosáhl 8,93 % ($\sigma = 0,020$) a při jeho stupňovitosti by měl o 1,07 % více mladiny. Může to být způsobeno stádiem kvašení, protože tento vzorek je nejmladší. Vzorek č. 2 by měl dosahovat stejné stupňovitosti jako vzorek č. 1, je ovšem zřejmé, že doba zrání zde hraje důležitou roli, nýbrž

je vzorek starší. Mladina dosahuje v průměru 9,01 % ($\sigma = 0,020$) a rozdíl mezi nimi činí 0,08 %. Kábelová-Ficová a kol. (2017) uvádějí, že u vzorku 4 a 16 ŽPČ se extrakt původní mladiny pohyboval od 10,3 % do 10,5 %, a tak je zde hodnota přesnější než u měření mezi mými vzorky č. 1 a 2 pro výčepní piva. Dalším odebíraným byl vzorek č. 3 s obsahem mladiny v průměru 11,63 % ($\sigma = 0,028$) s minimálním rozdílem ve stupňovitosti – 0,37 %. Kábelová-Ficová a kol. (2017) zmiňují, že vzorek 6 ŽPČ dosáhl 11 % původní mladiny, a také když si je hodnota blízká, stále se jedná o 10° pivo podle hmotnostního alkoholu, který se v něm nachází. Poslední analyzovaný vzorek č. 5, u kterého byla naměřena zprůměrovaná hodnota mladiny 12,26 %, má nejvyšší směrodatnou odchylku v porovnání se všemi odebranými vzorky ($\sigma = 0,036$). Dále pak rozdíl mezi stupňovitostí a mladinou je 0,74 % proto je i zde analýza vzorku v pořádku. Též u Novotného (2012) se v bakalářské práci objevila hodnota odpovídající parametru i v této práci, která je o něco vyšší a dosáhla 12,80 % stupňovitosti v pivu.

Graf 3: Obsah mladiny ve vzorcích piv



6. Závěr

Hodnoty, které byly naměřeny, odpovídají legislativou stanoveným parametrům. Značí to tedy, že bylo dosaženo optimálních podmínek pro výrobu piva u všech těchto várek a vzorků. Závěrem je třeba říci, že ač obsah alkoholu se stupňovitostí souvisí, není tato souvislost zcela přímá a nelze tedy říci, že desítka má 4 % alkoholu, lze to pouze přibližně odhadnout. Obsah alkoholu totiž souvisí nejen s původní, ale i s konečnou stupňovitostí (po konci kvasného procesu) a tedy logicky se způsobem kvašení, kvasnicemi, složením mladiny a dalšími drobnostmi. Použití označení stupňovitost lze spíše vidět při dodržování tradiční výroby piva, kde pomalu kvasí ve spilkách a dokvašuje v pivních tancích než u velkých pivovarů, využívajících způsob rychlého zrání piva v cylindro-kónických tancích. Obsah etanolu odpovídal stupni fermentace a také zbytkovému skutečnému extraktu v rovnováze.

7. Seznam literatury

Bamforth, Ch. W. (2016). *Brewing materials and processes: a practical approach to beer excellence*. Amsterdam: Elsevier, Academic Press is an imprint of Elsevier. ISBN 978-0-12-799954-8.

Basařová, G. (2010). *Pivovarství: teorie a praxe výroby piva*. Praha: Vydavatelství VŠCHT. ISBN 978-80-7080-734-7.

Basařová, G., Čepička, J. (1985). *Sladařství a pivovarství*. Praha: SNTL.

Bekeniová, P. (2010). *Diplomová práce: Ověření analytických parametrů u „Českého piva“*.

Bokulich, N. A., Bamforth, C. W. (2013). The microbiology of malting and brewing. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.*, 77(2), 157-172.

Boulton, C. (2013). *Encyclopaedia of brewing*. John Wiley & Sons.

Carrington, R., Collett, R. C., Dunkin, I. R., Halek, G. (1972). Gushing promoters and suppressants in beer and hops. *Journal of the Institute of Brewing*, 78(3), 243-254.

Cibulka, J. (2003). *Domácí vína, piva, likéry a medoviny*. Liberec: GEN. ISBN 80-86681-23-8.

Čepička, J. (1995). *Obecná potravinářská technologie*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická. ISBN 80-7080-239-1.

Čepička, J. (2000). *Kvantifikace chmelového aroma v pivu*. *Pivovarský kalendář*, 2000. Praha: VÚPS, 211 s. ISBN 80-902658-3-9.

Černý, L. (2007). *Jarní sladovnický ječmen: pěstitelský rádce*. Praha: Pro katedru rostlinné výroby, FAPPZ, ČZU v Praze vydalo vydavatelství Kurent. ISBN 978-80-87111-04-8.

Daufin, G., Escudier, J. P., Carrere, H., Berot, S., Fillaudeau, L., Decloux, M. (2001). Recent and emerging applications of membrane processes in the food and dairy industry. *Food and Bioproducts Processing*, 79(2), 89-102.

Dostálek, P., Kotlíková, B., Fiala, J., Jelínek, L., Černý, Z., Čásenský, B., Mikulka, J. (2011). Stabilizační prostředky pro zvýšení koloidní stability piva Stabilizers for Increased Colloidal Stability of Beer.

Dostálová, J., Kadlec, P. (2014). Potravinářské zbožížnalství: technologie potravin. Ostrava: Key Publishing. Monografie (Key Publishing). ISBN 978-80-7418-208-2.

Dienstbier, M., Janková, L., Sladký, P., Dostálek, P. (2010). Metody předpovědi koloidní stability piva. Chem. Listy, 104, 86-92.

Fillaudeau, L., Blanpain-Avet, P., Daufin, G. (2006). Water, wastewater and waste management in brewing industries. Journal of cleaner production, 14(5), 463-471.

Fillaudeau, L., Boissier, B., Moreau, A., Blanpain-Avet, P., Ermolaev, S., Jitariouk, N., Gourdon, A. (2007). Investigation of rotating and vibrating filtration for clarification of rough beer. Journal of Food Engineering, 80(1), 206-217.

Hlaváček, F., Lhotský, A. (1972). Pivovarství. 2., přeprac. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury. Řada potravinářské literatury.

Chládek, L. (2007). Pivovarnictví. Praha: Grada. Řemesla, tradice, technika. ISBN 978-802-4716-169.

Kadlec, P, Melzoch, K., Voldřich, M. (2013). Procesy a zařízení v potravinářství a biotechnologiích. Ostrava: Key Publishing. Monografie (Key Publishing). ISBN 978-80-7418-163-4.

Kadlec, P, Melzoch, K., Voldřich, M. (2009). Co byste měli vědět o výrobě potravin? technologie potravin. Ostrava: Key Publishing. Monografie (Key Publishing). ISBN 978-80-7418-051-4.

Kábelová-Ficová, H., Kráčmar, S., Gregor, T., Fišera, M., Golian, J., Kubáň, V., & Šopík, T. (2017). Preparation of malts for production of special beers. Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences.

Klaban, V. (2001). Svět mikrobů: ilustrovaný lexikon mikrobiologie životního prostředí. 2. rozš. a přeprac. vyd. Hradec Králové: Gaudeamus. ISBN 80-7041-687-4.

- Kocková-Kratochvílová, A. (1982). Kvasinky a kvasinkovité mikroorganizmy. Bratislava: Alfa. Edícia potravinárskej literatúry (Alfa).
- Kosař, K. (2000). Technologie výroby sladu a piva. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský. ISBN 80-902658-6-3.
- Nerušilová, J. (2006). Kvasná chemie a výroba piva. Bakalářská práce, Brno.
- Novotný, P. (2017). Pivařka: tajemství domácího pivovarství. V Brně: Jota. Populárně naučná. ISBN 978-80-7565-108-2.
- Novotný, J., (2012). Bakalářská práce: Porovnání složení bezalkoholických a alkoholických piv.
- Palamand, S. R., & Aldenhoff, J. M. (1973). Bitter tasting compounds of beer. Chemistry and taste properties of some hop resin compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 21(4), 535-543.
- Pelikán, M., Sáková, L. (2001). Jakost a zpracování rostlinných produktů. České Budějovice: Jihočeská universita. ISBN 80-7040-502-3.
- Pelikán, M., Suková, M. (1998). Hodnocení a využití rostl. produktů (Návody do cvičení). České Budějovice: JU ZF, 1998, 173 s.
- Petr, J., Húska J. (1997). Speciální produkce rostlinná. Praha: Česká zemědělská univerzita. ISBN 80-213-0152-X.
- Pilkington, P. H., Margaritis, A., Mensour, N. A., Russell, I. (1998). Fundamentals of immobilised yeast cells for continuous beer fermentation: a review. *Journal of the Institute of Brewing*, 104(1), 19-31.
- Písková, V., (2015). Diplomová práce: Možnosti aplikace vybraných druhů chmele při výrobě piva.
- Prugar, Jaroslav a kolektiv. (2008). Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský ve spolupráci s komisí jakosti rostlinných produktů ČAZV. ISBN 978-80-86576-28-2.
- Slabý, M., Štěrba, K., & Olšovská, J. (2018) Filtration of Beer—A Review Filtrace piva—review.

Steiner, E., Auer, A., Becker, T., Gastl, M. (2012). Comparison of beer quality attributes between beers brewed with 100% barley malt and 100% barley raw material. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(4), 803-813.

Šnobl, J. (2004). *Rostlinná výroba IV.: (chmel, len, konopí, využití biomasy k energetickým účelům)*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, Agronomická fakulta, Katedra rostlinné výroby. ISBN 80-213-1153-3.

Šrogl, J., Vernerová, H., Matasová, L., Sigler, K. (2007). Faktory ovlivňující aktivitu invertasy během kvašení, dokvašování a v hotovém pivu. Factors affecting invertase activity during beer brewing, lagering and in the finished product.

Velíšek, J., Hajšlová, J. (2009). *Chemie potravin. Rozš. a přeprac. 3. vyd.* Tábor: OSSIS. ISBN 978-80-86659-16-9.

Willaert, R., & Nedovic, V. A. (2006). Primary beer fermentation by immobilised yeast—a review on flavour formation and control strategies. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology: International Research in Process, Environmental & Clean Technology*, 81(8), 1353-1367.