



Fakulta zemědělská
a technologická
Faculty of Agriculture
and Technology

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH FAKULTA ZEMĚDĚLSKÁ A TECHNOLOGICKÁ

Katedra potravinářských biotechnologií a kvality zemědělských produktů

Bakalářská práce

Sledování změn piva plzeňského typu

Autorka práce: Petra Klimešová

Vedoucí práce: Ing. František Lorenc, Ph.D.

Konzultant práce: doc. Ing. Pavel Smetana, Ph.D.

České Budějovice
2023

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorkou této kvalifikační práce a že jsem ji vypracovala pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne

.....
Podpis

Abstrakt

Tato bakalářská práce pojednává o pivu a jeho výrobě, přičemž se detailněji zaměřuje na jeho možné závěrečné technologické úpravy, kterými jsou filtrace a pasterace. Práce je rozdělena na dvě hlavní části – úvodní literární rešerši, uvádějící do celé problematiky, a metodiku, resp. praktickou část. V té je již podrobněji popsán proces výroby 11% piva plzeňského typu a další manipulace s ním. Metodika zahrnuje vyhodnocení dat získaných během desetitýdenního pozorování čtyř různých vzorků spodně kvašených piv, všech plzeňského typu. Data byla získávána dvěma způsoby, a sice analytickým měřením pomocí přístroje FermentoFlash a senzorickou analýzou.

Klíčová slova: pivo, kvašení, filtrace, pasterace, stabilizace.

Abstract

This bachelor thesis focuses on beer and its production and emphasizes the possible ways of final technological treatments, especially filtration and pasteurization. The thesis is divided into two main parts – an introductory literature search, introducing the whole issue, and a methodology or a practical part. In the second part, the process of production of 11% Pilsner beer and its further procedures are described more in detail. The methodology includes the evaluation of data obtained during a ten-week observation of four different samples of bottom-fermented beers, all the Pilsner type. The data were obtained in two ways, specifically by analytical measurement using a beer analysis device – FermentoFlash – and by sensory analysis.

Keywords: beer, fermentation, filtration, pasteurization, stabilization.

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala Ing. Františku Lorencovi, Ph.D. a doc. Ing. Pavlu Smetanovi, Ph.D. za cenné podněty, připomínky a pomoc při vedení mé bakalářské práce. Mé poděkování patří též Bc. Vlastimilovi Nohejlovi a Liborovi Smutkovi za ochotu, pomoc a cenné rady týkající se zejména části praktické.

Obsah

Úvod.....	7
1 Literární rešerše.....	8
1.1 Co je pivo?.....	8
1.2 Suroviny potřebné k výrobě piva	8
1.3 Základní princip výroby piva	12
1.4 Technologické úpravy hotového piva – závěrečné úpravy	17
1.4.1 Filtrace.....	18
1.4.2 Stabilizace	19
1.4.3 Pasterace.....	20
1.4.4 Nejvýznamnější mikroorganismy způsobující kažení piva.....	22
1.5 České pivo – pivo plzeňského typu	23
2 Cíl práce	24
3 Metodika	25
3.1 Výroba piva a jeho následné úpravy	25
3.1.1 Pasterace.....	28
3.1.2 Filtrace – pivovar Bernard	28
3.2 Sběr dat.....	28
3.3 Analytické měření přístrojem FermentoFlash	29
4 Výsledky	31
4.1 Souhrnné srovnání zkoumaných vzorků	39
4.2 Sensorická analýza piva	42
4.3 Vyhodnocení dat ze sensorické analýzy.....	43
5 Diskuze.....	46
Závěr	48
Seznam použité literatury.....	49
Citace webových zdrojů.....	54

Seznam obrázků	57
Seznam grafů.....	58
Seznam tabulek	59
Seznam příloh.....	60
Seznam použitých zkratk.....	61
Přílohy	I

Úvod

Pivo je jedním z nápojů s lidskou civilizací nejdéle spjatých. Za kolébku jeho vzniku je považována starověká Mezopotámie, odkud jsou dochovány první písemné zmínky o něm. Od této doby se celý proces výroby piva výrazně posunul – od počátečního prostého, mnohdy spíše spontánního, zkvašení obilné kaše po dnešní pečlivě propracovanou a, alespoň z části, zautomatizovanou technologii.

Česká republika je s pivem neodmyslitelně spojena a celosvětově je uznávána nejen díky kvalitě zdejšího piva, nýbrž také pro pivní styl, který světu dala – pivo plzeňského typu, tj. spodně kvašený světlý ležák s jedinečnými vlastnostmi – a právě tomuto konkrétnímu pivu je celá tato práce věnována.

1 Literární rešerše

1.1 Co je pivo?

Pojmem pivo je označován pěnivý, původně slabě alkoholický, nápoj vyrobený ze zkvašených obilovin, vody a chmele, zde zastávajícího v podstatě roli koření. Jedná se o vůbec nejstarší kulturní nápoj, jenž lidstvo doprovází již po mnohá tisíciletí – první známé receptury pocházejí ze starověku, konkrétně od Sumerů, z Mezopotámie. Historie piva samotného však sahá ještě mnohem dál. Pivo proto bezpochyby a zcela po právu může být označeno za neoddělitelnou součást lidské kultury, našeho bohatství a v neposlední řadě jako mistrovské dílo (Večerníček, 2020).

1.2 Suroviny potřebné k výrobě piva

A. Slad

Pro výrobu sladu jsou v naší zemi nejčastěji využívány odrůdy splňující požadavky sladovnické jakosti zejména ječmene setého (*Hordeum vulgare* L.). Preferovány bývají jarní formy navzdory např. vyšším výnosům jeho ozimých forem. Co se však kvalitativních parametrů týče, ozimý ječmen nedosahuje takových hodnot zejména v oblasti friability, cytologického rozluštění, obsahu β -glukanů či relativního extraktu (Nesvadba a Leišová-Svobodová, 2019).

Požadavky na odrůdy sladovnického jarního ječmene pro výrobu českého piva se liší od těch obecných. Požadováno je, aby vykazovaly spíše nižší prokvašení, přinášely zbytkový neprokvašený extrakt a aby dosahovaly nižšího stupně rozluštění (Černý *et al.*, 2007). Požadavky na veškeré vlastnosti zrna ječmene setého určeného k výrobě sladu jsou určeny normou z roku 2005, tj. ČSN 46 1100-5 (461100), konkrétně její pátou částí (www.technicke-normy-csn.cz, 4611 – Obiloviny, luštěniny).

Ukazatele sladovnické jakosti (USJ) jsou: vlhkost (preferována okolo 12 %, max. 16 %), podíl předního zrna nad sítím 2,5 x 2,2 mm, resp. přepad na síť 2,5 mm, tj. vyrovnanost zrna (min. 70 %, základní jakost cca 90 %), dále obsah zrnových příměsí sladařsky nevyužitelných či částečně využitelných, obsah dusíkatých látek N x 6,25 (optimálně okolo 11 %, maximálně 12,5 %), klíčivost (min. 92 %, základní jakost 98 %) a další (www.eagri.cz, Žňové zpravodajství k 6. září 2021; Černý *et al.*, 2007).

Již vlastní výroba sladu je celá založená na vegetačních, strukturálních, fyzikálně-chemických, biochemických, ale hlavně enzymatických změnách probíhajících v ječném zrně. Podmínky výroby se liší nejen dle druhu vyráběného sladu, ale také podle vlastností vstupní suroviny. Celý proces sestává z několika základních kroků, kterými jsou máčení v náduvnících, klíčení na humnech, následné sušení (hvozďení) a konečné úpravy již hotového sladu (Basařová *et al.*, 2015).

Množství nabízených sladů je poměrně různorodé, avšak jako jejich základní dělení by mohlo být bráno to podle barvy, tedy na slady světlé (plzeňského typu) a slady tmavé (mnichovského typu), příp. slady speciální. Příklady nejčastěji využívaných sladů jsou slad plzeňský, využívaný pro výrobu českého ležáku nejběžněji, vídeňský slad (o něco tmavší než plzeňský), slad pale ale, mnichovský, resp. bavorský, pšeničný a další jako např. slady barvicí, nakuřované, karamelové, melanoidní či diastatické s vysokou enzymatickou aktivitou (Novotný *et al.*, 2019).

B. Chmel

Chmel otáčivý (*Humulus lupulus* L.) je vytrvalá, dvoudomá, popínavá rostlina patřící do čeledi konopovitých (*Cannabaceae*), jejímž plodem jsou šištice. Pro výrobu piva jsou nejcennější právě tyto chmelové hlávky, tzn. šištice, ze samičích rostlin. Hlávky jsou tvořeny jednotlivými listeny, v nichž vznikají a následně tam i setrvávají lupulinová zrna žluté barvy obsahující pivovarsky využitelné látky (DiSorbo a Christiansen, 2022).

V rámci chemického složení jsou pivovarsky nejdůležitějšími složkami chmelové silice, pryskyřice a polyfenoly. Chmelové silice jsou látky terpenického charakteru dodávající pivu typické aroma. Pryskyřice jsou složky hrající roli zejména během chmelovaru, kdy jsou transformovány tak, že následně zajišťují hořkost a zároveň také stabilizují pěnu. V neposlední řadě pak díky svým antiseptickým vlastnostem zvyšují trvanlivost piva, zejm. biologickou (Bamforth, 2004).

Chmelové polyfenoly zahrnují jednoduché fenolové kyseliny (gallová, hydroxykysličníková, kumarová aj.), jejich deriváty a flavonoidy. Polyfenoly mají antioxidační vlastnosti, tzn. mohou zachycovat volné radikály a transformovat je na neškodné produkty, čímž zpomalují stárnutí chmele, ale i výsledného piva. Zároveň touto schopností zlepšují senzoryckou stabilitu obojího – jak chmele, tak piva. Díky své rozpustnosti ve vodě totiž přecházejí až do konečného produktu, kde je 30 % z přítomných polyfenolů chmelového původu. Jejich obsah kolísá v rámci zpracování

chmele, což znamená, že jiné mají koncentrované granule, jiné chmelové pelety či extrakty atp. (Prugar *et al.*, 2008).

Mezi nejvýznamnější z chmelových pryskyřic patří α -hořké kyseliny, tvořené zejm. humulonem, dalšími zástupci jsou β -hořké kyseliny (lupulon aj.) či nespecifické měkké pryskyřice a pryskyřice tvrdé. V průběhu chmelovaru α -hořké kyseliny izomerují na iso- α -hořké kyseliny, jež jsou zodpovědné za výslednou hořkost (Briggs *et al.*, 2004).

Příklady odrůd chmele, u nás pro výrobu českého ležáku nejpoužívanějších, jsou Žatecký poloraný červeňák (ŽPČ) s obsahem α -hořkých kyselin 2–5 % hm., Sládek s 4,5–9 % hm. či například Kazbek s 5–8 % hm. α -hořkých kyselin (Nesvadba *et al.*, 2022).

C. Voda

Pivo je z 80–90 %, někdy ale i více, tvořeno vodou, a proto jsou její vlastnosti a kvalita zcela zásadní. Jedním z nejdůležitějších kritérií je tvrdost vody, resp. obsah solí v ní rozpuštěných. Obecně platí, že nejvhodnější pro výrobu piva je voda měkká (Hasík, 2013).

Vody v pivovaru však není zapotřebí pouze pro samotnou přípravu piva, nýbrž i pro mnohé další činnosti. Vodu tak můžeme dělit na vodu varní, využívanou přímo jako jednu ze třech základních surovin, vodu provozní, tj. tu používanou pro čištění a sanitaci, příp. též označovanou jako servisní, a vodu pro všeobecné účely. Nároky na vodu v pivovarství jsou zhruba takové, že na 1 hl piva je spotřebováno okolo 6 hl vody, přičemž voda varní z tohoto množství tvoří asi jen 2,7 hl (Stewart *et al.*, 2017).

Varní voda, jakožto základní surovina, musí mít vyhovující chemické složení, pH atp., aby pivo z ní vyrobené bylo požadovaných vlastností – např. přímo ovlivňuje stupňovitost (OG), obsah vitaminů řady B či objemové procento alkoholu (ABV). Voda tak musí podléhat určitým standardům, a proto musí být mnohdy upravována (Punčochářová *et al.*, 2018).

Jedním z preferovaných parametrů varní vody je vyšší obsah rozpuštěných vápenatých kationtů, které sehrávají v průběhu výroby poměrně důležitou roli. Jejich schopností je příznivé snižování pH rmutů, podpora enzymatické aktivity během vystírání a rmutování, kde působí jako kofaktor, a to hlavně pro α -amylázu. Dále podporují tvorbu bílkovinných komplexů a pomáhají redukovat šřavelové

kyseliny přítomné při fermentaci, které by jinak způsobovaly přepěňování piva, tzv. gushing (Eumann a Schildbach, 2012).

D. Kvasinky

Kvasinky jsou jednobuněčné organismy kulovitého či oválného tvaru o velikosti zhruba od 5 do 10 μm a jsou nosným pilířem fermentace. Ta může proběhnout právě díky nim, neboť kvasinky jsou schopné konvertovat zkvasitelné jednoduché sacharidy na oxid uhličitý, ethanol a některé další produkty dotvářející chuť a aroma výsledného piva. Metabolismus kvasinek spojený se získáním energie probíhá jak za aerobních, tak anaerobních podmínek, avšak s rozdílnou výtěžností. Za přítomnosti kyslíku dochází k růstu a množení jednotlivých buněk, naopak za podmínek anaerobních je výstavba buněčné hmoty jen minimální a naprostá většina energie je ukládána v podobě ethanolu. Takovéto získávání energie je pro kvasinky velice nevýhodné, protože z 1 molekuly glukózy je přitom získáno jen asi 8 % z potenciální energie. Z hlediska pivovarnictví je však zcela žádoucí (White a Zainasheff, 2010).

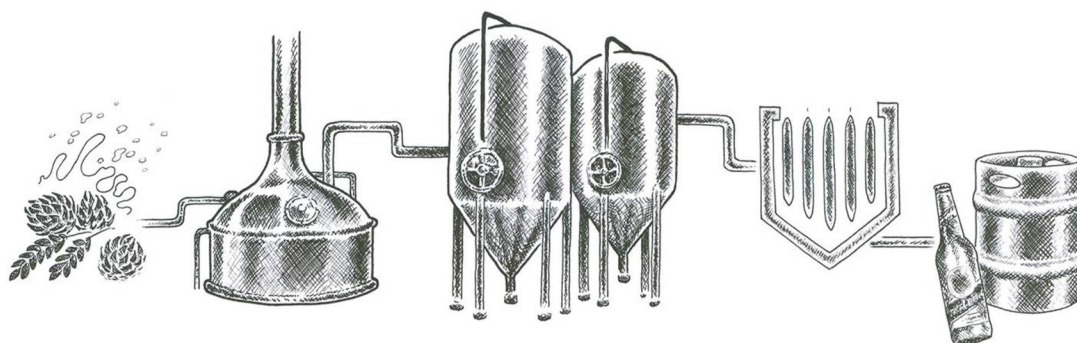
Pivovarské kvasinky náleží k rodu *Saccharomyces cerevisiae*, jenž je díky svému všestrannému využití (kvasinka pivní, vinařská, pekařská, lihovarská a také jako organismus pro práce genetické a biochemické) vůbec nejprostudovanější kvasinkou. Dle použitého kmenu pivovarských kvasinek jsou pak rozlišována piva svrchně a spodně kvašená. Kmeny kvasinek spodního kvašení dále spadají do konkrétního druhu *Saccharomyces pastorianus*, přičemž dříve byly řazeny k *S. carlsbergensis* či *S. uvarum* (Gómez-Muños *et al.*, 2021; Boekhout *et al.*, 2021).

Jednou z typických a velice důležitých vlastností některých kvasinek je schopnost tzv. vločkování/flokulace, tj. utváření shluků buněk. Tyto vločky jsou pak podle druhu kvasinek buď vynášeny pomocí molekul oxidu uhličitého k povrchu, nebo naopak, v případě spodního kvašení, sedimentují na dně nádoby, čímž dojde k vyčeření piva (White a Zainasheff, 2010).

Dle použitých kvasinek se liší také teploty, při kterých probíhá hlavní kvašení. Svrchní probíhá při asi 20–25 °C, spodní pak při 6–10 °C. Dalším rozdílem je přítomnost enzymu melibiázy, který je přítomen pouze u kvasinek spodních, díky němu schopných rozštěpení i trisacharidu rafinózy. Sacharid, který je štěpen veškerými pivovarskými kvasinkami a který v pivovarnictví sehrává nejdůležitější roli, je disacharid maltóza skládající se ze dvou molekul glukózy (Šilhánková, 2002).

1.3 Základní princip výroby piva

Z obrázku 1.1 vyplývá, že celý proces výroby piva zahrnuje tři základní výrobní úseky, kdy každý z nich sestává z dosti komplikovaných mechanických, biochemických a fyzikálně-chemických procesů. Tyto tři hlavní úseky jsou: výroba mladiny, její následné kvašení přecházející až do dokvašování mladého piva a poslední fází jsou závěrečné úpravy již zralého piva včetně jeho stáčení (Mieslerová *et al.*, 2016).



Obr. 1.1: Nastínění návaznosti kroků při výrobě piva (www.prazdroj.cz, České pivo)

- Příprava mladiny

Prvním krokem při vaření piva je výroba mladiny. Toto pojmenování počátečního kroku je nadřazeným pojmem pro několik dílčích operací, konkrétně pro šrotování sladu, následné vystírání získaného sladového šrotu do vody, rmutování, scezování sladiny a zároveň vyslazování sladového mláta, chmelovar a závěrečné zchlazení mladiny, resp. další blok zvaný mladinová linka (Čepička, 1999).

Mladinová linka zahrnuje takové postupy, které mladinu připraví k zakvašení. Během tohoto postupu dojde k separaci jak hrubých kalů (někdy označovaných jako horké), tak i těch jemnějších, samotnému ochlazení mladiny a k jejímu provzdušnění. Zařízení, která tuto linku dohromady tvoří, jsou povětšinou vířivá kád', deskový chladič a provzdušňovač mladiny. Vše je součástí varny (Lejsek a Ťopka, 1991).

1. Šrotování sladu (a případné kondicionování)

Vlastnímu šrotování sladu předchází 4 až 6 týdnů dlouhé odležení po jeho navezení, což má za cíl snížit vlhkost zrna, a tak i potenciální riziko poškození obalu, zejména pluch, během šrotování (www.potravinaaremeslo.cz, Sládek).

Preciznost šrotování může zcela zásadním způsobem ovlivnit celý proces výroby, a tak i kvalitu a zároveň kvantitu vyrobeného piva. Kroky, které jím mohou být nejvíce ovlivněny, jsou rmutování, scezování a vyslazování. Důvodem adekvátního našrotování sladu před zahájením várky je anatomie obilky, základní jednotky sladu (Novotný, 2017). Obilka se skládá ze třech hlavních částí – embrya (klíčku), endospermu, dále se dělicího na endosperm vlastní, obsahující mj. pro výrobu piva zásadní škrob, a vrstvu aleuronových buněk. Poslední z hlavních částí je ektozperm, tj. obalové vrstvy. Nejčastěji využívané ječné obilky jsou pluchaté (Martinek a Filip, 2012).

Šrotováním se rozumí mechanické narušení obilky a důkladné vymletí endospermu na frakce odpovídající dalšímu zpracování. Jemností sladového šrotu lze kompenzovat například hůře provedené cytolytické rozluštění během sladování. Jemnost šrotu je přímo úměrná cytolytickému rozluštění – to znamená, je-li sladové zrno rozluštěno méně, tím jemnější by měla moučka, mouka či krupice být a naopak. Přespršlivě jemná moučka však také není vhodná, neboť může způsobit ucpávání kanálků filtrační vrstvy mláta během scezování (Kadlec *et al.*, 2012).

Šrotování lze provádět zasucha, s kondicionováním vodou, příp. párou – tedy spolu s máčením – nebo lze provést šrotování mokré. Hlavním cílem zvlhčení sladu je celková stabilizace pluch. Mokrý plucha má totiž větší elasticitu, a tak se snižuje riziko poškození při průchodu mezi válci šrotovníku (Chládek, 2007).

2. Vystírání a rmutování

Vystírání znamená prosté vsypání sladového šrotu do varní vody a následné dokonalé smíchání, přičemž vzniká poměrně hustá obilná kaše, tj. vystírka. Vystírací voda mívá obvykle teplotu 37 °C či 52 °C. Během vystírání jsou aktivovány enzymy ječného zrna (www.pivovarbreclav.cz, Jak se vaří břeclavské pivo, Technologie vaření piva, Jednotlivé kroky při vaření piva; www.bernard.cz, Vaření piva).

Již během vystírání dochází k získávání částečného podílu extraktu obsaženého ve sladu. Větší, resp. největší část z tohoto sladového extraktu je však získána až během rmutování. Rmutování označuje postupné zvyšování teploty odpovídající

té které aktivitě enzymů sladu. Vystírka je zahřívána na teploty vhodné pro činnost enzymů, podle jejichž jednotlivých skupin jsou tyto teploty také nazývány:

- a) teplota kyselinotvorná (35–38 °C),
- b) teplota peptonizační (48–52 °C),
- c) nižší cukrotvorná teplota (60–65 °C),
- d) vyšší cukrotvorná teplota (70–75 °C),
- e) teplota odmutovací (78 °C) (Čepička *et al.*, 1999).

Během rmutování se tedy v aktivitě vystřídá široká škála různých enzymů a každé jejich skupině vyhovují zcela odlišné podmínky. Pro jedny naprosto ideální tak u druhých způsobí inaktivaci apod. Podmínkami je myšlena především teplota, pH, množství nezpracovaného substrátu, přítomnost taninů, kofaktorů či vápenatých iontů v roztoku aj. Nejběžnějšími reakcemi jsou hydrolytické, kterými jsou rozkládány bílkoviny, nukleové kyseliny a lipidy. Hydrolytického charakteru je i ta vůbec nejdůležitější reakce, a sice štěpení škrobu, hlavně na glukózu, maltózu a dextriny. Vedle hydrolytických se vyskytují i reakce oxidační a další (Briggs *et al.*, 2004).

Působení sladových enzymů v průběhu rmutování je tím lepší, čím je šrot jemnější, protože tím větší je jeho specifický povrch (Kadlec *et al.*, 2012).

Dalším kritériem rmutování, na němž závisí výsledná kvalita, je příjem kyslíku vystírkou, budoucí sladinou. Dochází-li k intenzivnímu kontaktu se vzduchem, může se ve sladině rozpustit a chemicky navázat takové množství kyslíku mající za následek negativní působení polyfenoloxidáz na výslednou kvalitu chuti, barvu a hořkost (Kantelberg a Herrmann, 1992).

3. Scezování a vyslazování sladového mláta

V tomto kroku dochází k oddělení sladiny, tj. roztoku s již degradovanými a rozpuštěnými látkami ze sladového extraktu, a mláta, tedy tuhých zbytků našrotovaného sladu, s následným dovymýváním zbytků extraktu, ještě obsaženého v mlátě, vodou. Jedná se o ryze fyzikálně-chemický proces, který je v podstatě filtrací. Výsledkem tohoto kroku je získání sladiny pohromadě sestávající z předku a jednotlivých výstřelků (Basařová *et al.*, 2010).

Scezování je prováděno ve scezovací kádi, kde se přes sedimentované mláto pročišťuje sladina. Její první část bývá kalná, a proto je obvykle navracena zpět do scezovací kádě. Po dosažení potřebné čirosti je již sladina (předek) přečerpávána do mladinové pánve. Pro lepší průtočnost skrze mláto a taktéž vyšší výtěžnost je využívána tzv. kopačka pro jeho prořezání, příp. kypřící zařízení.

Po stečení předku zbývá v mlátě ještě dostatek extraktu, a proto je opakovaně proléváno horkou vodou, tedy jednotlivými výstřelky, aby z něj bylo vytěženo co nejvíce. Tento proces se označuje jako vyslazování (Chládek, 2007).

4. Chmelovar

Chmelovar označuje povaření sladiny, do které je postupně přidáván chmel, čímž se ze sladiny stává mladina. I během tohoto varu probíhá celá řada chemických, chemicko-fyzikálních, fyzikálních a biochemických reakcí. Některé z nich jsou např. extrahování a případná izomerace v chmelu obsažených látek – především těch hořkých, kdy se z α -hořkých kyselin stávají iso- α -hořké kyseliny zodpovědné za výslednou hořkost. Dále probíhá díky vysoké teplotě koagulace bílkovin, inaktivace enzymů, a tím zajištění stálosti chemického složení mladiny, zejm. sacharidů, získávají se produkty Maillardovy reakce udávající barvu (reakce je katalyzována), odpařuje se přebytečná voda (8–12 %), redukují se nežádoucí aromatické látky, přičemž ty požadované jsou naopak získávány, dochází ke snížení pH, tedy acidifikaci mladiny, mladina je sterilována atp. (Willaert, 2006).

Vysrážené bílkoviny, polyfenoly (hl. taniny) a další látky jsou označovány jako hrubé, případně horké kaly, které nejvíce způsobují problémy týkající se čirosti piva. Díky chmelovaru jsou odstraněny nestabilní komponenty – především ty obsahující síru, zejm. dimethylsulfid (DMS) zodpovědný za jednu z vad piva, a to chuť, příp. vůni po vařené zelenině. Bouřlivým a celkově dostatečným varem tak lze předcházet mnohým komplikacím a nepříjemnostem (Hutkins, 2019).

Průměrná doba chmelovaru se pohybuje v rozmezí 90–120 minut. Chmel, popř. chmelové přípravky jako granule, pasta či pelety (puky), je přidáván postupně, nejčastěji ve dvou až třech dávkách. Lze však chmelit i vícekrát – obvykle se počet dávek odvíjí od kvality chmele či kvality a formy chmelového přípravku. Po ukončení chmelovaru je nutné oddělit zbytky chmele, k čemuž se používá vířivá kád', tzv. whirlpool. Chmel se po utvoření víru usadí ve středu dna nádoby, a tak může být již relativně čirá mladina odčerpána (Mieslerová *et al.*, 2016; www.alkoholium.cz, Uvařte si s námi domácí pivo (3. díl): Od sladiny k mladině).

5. Zchlazení mladiny

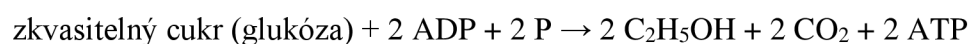
Před hlavním kvašením je nutné uvařenou mladinu nejdříve zchladit na zákvasnou teplotu, tedy teplotu vhodnou pro přidání kvasnic (Kozáková a Kozák, 2013).

Ještě před naočkováním kvasinkami musí být mladina nejen zchlazena, ale také provzdušněna. Následně probíhající fermentace je sice vesměs anaerobní proces,

avšak v jejích počátcích kvasinky pro svoji správnou funkci potřebují dostatečný přísun kyslíku (Hutkins, 2019).

6. Hlavní kvašení a dokvašování mladého piva

Fáze kvašení je ten čas, kdy je pivo jako takové utvářeno pomocí dodaných kvasnic, resp. pivovarských kvasinek. Probíhající fermentace může být vyjádřena chemickou rovnicí:



Kvasinky během kvašení projdou třemi základními fázemi. V první, lag fázi, trvající do 15 hodin od přidání kvasnic, si kvasinky z mladiny čerpají suroviny potřebné pro svůj vlastní růst a vývoj (kyslík, minerální látky, aminokyseliny na tvorbu bílkovin aj.). Druhá fáze trvající od 4 hodin do 4 dnů je fází exponenciálního nárůstu počtu buněk, vedle toho též produkce CO₂ (zkvašením glukózy, maltózy, příp. maltotriózy) a tvorby žlutavé až hnědé pěny na povrchu. Poslední je fáze stacionární (zhruba do 10. dne), kdy růst již klesá. Většina látek tvořících chuť a aroma byla již utvořena (estery apod.), avšak kvasinky ještě znovu využívají některé z vyprodukovaných látek, jako je např. diacetyl či acetaldehyd (White a Zainasheff, 2010).

Délka hlavního kvašení je odvislá od požadované stupňovitosti piva, v průměru však trvá 7–12 dnů, a probíhá za teplot mezi 5–10 °C. Pivo kvasí na místech označovaných jako spilka (tj. otevřená kád'), nebo dochází k uzavřenému kvašení v cylindrokónických tancích označovaných jako CKT (Mieslerová *et al.*, 2016). V těchto spodních kónusech po proběhlé fermentaci sedimentují vzniklé vločky kvasinek, odkud mohou být odčerpány a následně znovu použity (Hutkins, 2019).

Mladina se po hlavním kvašení stává mladým, příp. zeleným pivem. To, ačkoliv již obsahuje požadované komponenty, však ještě nemá zcela utvořenou chuť, neboť tyto komponenty zatím nejsou v potřebné finální rovnováze, a navíc jsou přítomny i jiné těkavé či chuťově ne právě příjemné složky. Je proto třeba poskytnout prostor pro úplné dozrání, které může trvat řádově i několik měsíců. Během tohoto dokvašování se pivo díky vyrovnávání chutí a vůní stává vyváženým (Vaněk, 2015).

1.4 Technologické úpravy hotového piva – závěrečné úpravy

Dvě hlavní závěrečné úpravy již hotového, zralého piva jsou filtrace a pastace. Tyto dvě operace zajišťují pivu především delší trvanlivost a zároveň mu poskytují stabilnější, nejen sensorické, vlastnosti. V neposlední řadě je jimi zajištěn i líbivý vzhled pro konečného spotřebitele (Yalçınçıray *et al.*, 2021).

Trvanlivost a stárnutí piva

Pivo, až na několik výjimek, by mělo být na pohled čiré. Vlivem stárnutí však dochází ke shlukování původně rozpuštěných molekul, čímž vznikají větší celky, na nichž poté dochází k rozptylu světla – jinými slovy vzniká zákal. Dochází k posunu koloidní stability piva, tzn. rovnováhy mezi zákalotvornými polyfenoly a bílkoviny. Tyto dvě struktury jsou spolu schopné utvářet komplexy z piva se následně vylučující jako jemné zákal. Vznik těchto zákalů lze omezit správnou technologií, kvalitními surovinami či odstraněním jejich prekurzorů stabilizačními prostředky (Kotlíková *et al.*, 2013). Koloidní stabilita je podrobněji definována koncentrací a vzájemným poměrem přítomných molekul bílkovin, polyfenolů, kyslíku, polysacharidů a také některých kovů (Dostálek *et al.*, 2011).

Filtrací jsou tedy zajišťovány požadované optické vlastnosti, z nichž jednou je právě čírost. Čírost piva může být objektivně posuzována, a sice za využití speciálního přístroje, tzv. turbidimetru či zákalometru, dále nefelometrickým stanovením přítomného zákalu atd. (Frančáková *et al.*, 2013).

Trvanlivost může být ve stručnosti definována jako časový interval, za který se z čírého piva stane zakalené. Za hraniční hodnoty trvalého zákalu jsou nejčastěji považovány 1–2 jednotky EBC, tj. European Brewery Convention. Zákal je měřen pomocí zákalometrů či turbidimetrů, ovšem z pohledu spotřebitele se jedná o optický vjem, a protože je každý člověk jiný, dochází mnohdy k odchýlkám mezi objektivním a subjektivním hodnocením zákalu (Dienstbier *et al.*, 2010).

Výrobci je trvanlivost vnímána jako doba uplynulá do vzniku pozorovatelného zákalu či sedliny při skladovací teplotě 20 °C. Je posuzována jednak na základě biologické, sensorické a koloidní stability, ale důležitou roli v ní sehraávají i nedostatečné či nedokonalé ošetření piva, nevhodné podmínky skladování a neopatrná manipulace (Dostálek *et al.*, 2011).

1.4.1 Filtrace

Cílem filtrace je vyprodukování čistého piva bez zákalu, které se touto operací stane zároveň stabilnějším, trvanlivějším a mj. získá onu pověstnou jiskru, čímž pro mnohé spotřebitele získá na atraktivnosti (www.hobra.cz, Filtrace piva).

Filtrace se v pivovarském průmyslu začala uplatňovat až zhruba ve druhé polovině 19. století ve spojitosti s průmyslovou revolucí, rozmachem mezinárodního obchodu a vzrůstající poptávkou po čírem pivě bez kalů. Zpočátku byly pro filtraci používány jednoduché plachetky, do poloviny minulého století byly nejběžnější filtry na filtrační hmotu skládající se z upravených bavlněných odpadů obohacených o azbest, dnes již z důvodu zdravotních rizik zakázaný. Po druhé světové válce se nejpoužívanější stala naplavovací filtrace využívající sypkých přírodních materiálů, zejm. křemeliny a perlitu. Další inovací byla dofiltrace piva odzárodkovacími EK-deskami, které zajišťovaly i několikaměsíční trvanlivost, aniž by bylo zapotřebí pivo pasterovat. Dále byly využívány nejrůznější typy odstředivek, avšak jejich účinnost nebyla tak vysoká. V současné době je asi nejvíce uplatňována membránová technika filtrace, jejíž největší výhodou je ekologická šetrnost, neboť u ní není zapotřebí likvidace filtračního materiálu (Basařová *et al.*, 2010).

Filtrace je tedy zcela zásadní pro přípravu piva s prodlouženou trvanlivostí na řády měsíců, pro piva určená k transportu a zároveň také usnadňuje a výrazně prodlužuje možnou dobu prodeje. V porovnání s pasterací je jí taktéž zajištěna mikrobiologická a koloidní stabilita piva či prodlužována trvanlivost. Na rozdíl od pasterizace filtrace zachovává kompletní původní sensorický profil – míra jeho zachování se ale liší dle zvoleného způsobu filtrace. Nejjednodušší, tj. deskový filtr, snižuje plnost těla piva a mění i původní barvu, naopak třeba křemelinová filtrace vůni ani chuť nijak neovlivní (www.filtrace.com, Proč a v jakém případě filtrovat české pivo?).

Proces a podstata filtrace

Samotný princip filtrace je poměrně prostý – jedná se o oddělení dispergovaných tuhých částic od tekutého podílu suspenze za využití porézního materiálu. Ostrost a účinnost filtrace se odvíjejí od velikosti filtrovaných částic a velikosti pórů, skrze které tyto částice (ne)procházejí (www.beerandbrewing.com, The Oxford Companion to Beer definition of filtration).

Základem je tedy filtrační přepážka, nějaká plocha, na níž je nanesen inertní filtrační materiál, např. perlit (porézní vulkanický kámen tvořený převážně oxidem křemičitým) či křemelina, tvořící samotnou filtrační vrstvu, tzv. filtrační koláč.

V průběhu filtrace se na této ploše usazují kalové částice na průchod přepážkou příliš velké, čímž se v podstatě stávají její součástí. Postupně suspendované částice zmenšují průměr pórů, snižují filtrační rychlost, a naopak zvyšují tlak, resp. filtrační odpor protékající tekutiny, což zajistí i nadále probíhající filtraci (Fellows, 2009; Basařová *et al.*, 2010). Celý proces je umožněn rozdílnými tlaky před a za pórovitou přepážkou. Vedle rozšiřujícího se filtračního koláče je získán filtrát, v tomto případě již nezakalené, čiré pivo, procházející skrze póry a kapiláry filtračního koláče (Kadlec *et al.*, 2013).

Proces filtrace využívaný s největší frekvencí je dvoustupňový, zahrnující primární a sekundární filtraci.

Primární filtrace obvykle probíhá na křemelinových naplavovacích filtrech svíčkových a jejím výsledkem je poměrně vysoká úroveň čistoty filtrátu s počtem kvasinek až 10^7 krát menším, než byl v původním roztoku. Cílem primární filtrace je tak odstranění poměrně velkého objemu kvasnic a některých dalších zákalotvorných složek (shluky bílkovin, polyfenolů či chmelové pryskyřice) ze zkvašeného piva (www.filtrace.com, Trvanlivost piva a jeho stabilizace – ve vztahu k filtraci).

V současné době je filtrace pomocí křemeliny celosvětově nejvyužívanější metodou, avšak na základě několika faktorů, jedním z nich je například vliv na zdravotní stav osob likvidujících křemelinu aj., se objevují tendence ji nahradit. Alternativou, která by mohla připadat v úvahu a jež se příležitostně zkouší a zkoumá, je filtrace za využití celulózových vláken (Braun *et al.*, 2009).

Sekundární filtrace již garantuje mikrobiologickou kvalitu, která se projeví jednak mikrobiologickou stabilizací, ale také prodloužením trvanlivosti až na tři a více měsíců. Sekundární, či také koncová, mikrofiltrace má tedy za úkol odstranit z piva zbytek kvasinek a bakterií působících kažení piva. Mezi těmito dvěma kroky bývá někdy zařazována ještě tzv. trap filtrace piva. Během té jsou odstraňovány případné zbytky křemeliny či celulózy, tzn. použitého filtračního materiálu, který ve filtrátu zůstal přítomen i po primární filtraci (www.filtrace.com, Trvanlivost piva a jeho stabilizace – ve vztahu k filtraci).

1.4.2 Stabilizace

V České republice se pivo stabilizuje obvykle během filtrace, méně pak až po filtraci, za využití stabilizačních prostředků. Nejpoužívanější z nich jsou křemičité gely, zajišťující adsorpci bílkovin, a PVPP (polyvinylpolypyrrolidin), tj. makromolekulární polyamid se schopností navázat na sebe polyfenoly. Dále je možná aplikace

antioxidantů, nejčastěji kyseliny askorbové, a to zejména tehdy, je-li ve stočeném pivě zjištěn vyšší obsah kyslíku. Při používání veškerých stabilizačních prostředků je nutné dbát na kapacitu filtračního zařízení, aby nedošlo k rychlému nárůstu tlaku, následnému zaplnění kalového prostoru, a tak ke snížení celkové kapacity filtru (Dostálek *et al.*, 2011).

Dalšími potenciálními možnostmi redukce chladových kalů jsou proteolytické enzymy papain (nezralá papája) či pepsin (trávicí enzym všech obratlovců, v žaludku), kyselina tříslová, bentonit, silikagel a další (Goldammer, 2022).

1.4.3 Pasterace

Pasterace je vedle filtrace druhou nejrozšířenější post-fermentační úpravou, jejímž hlavním cílem je zničení mikroorganismů, které by mohly způsobit zkažení výrobku. Samotnou filtrací nedojde ke stoprocentnímu zničení veškerých rizikových mikroorganismů, a proto je pivo pasterované v porovnání s tím pouze filtrovaným mnohem odolnější s delší trvanlivostí. Jinak řečeno, pivo si udrží po delší dobu přesně ty vlastnosti, které chce výrobce poskytnout konečnému spotřebiteli (Milani a Silva, 2022).

Pasterace neboli tepelné ošetření s mírným ohřevem potraviny na teploty nižší než 100 °C je tedy nejrozšířenějším opatřením, jak docílit biologické trvanlivosti piva. Metoda využití vyšších teplot, zejména u nápojů, se smrtícím účinkem na mikroorganismy způsobující změny hlavně v senzorických vlastnostech byla objevena Louisem Pasteurem. Poprvé byla využita k prodloužení trvanlivosti vína, avšak od té doby je uplatňována i u dalších nápojů a tekutin, především těch s pH pohybujícím se v kyselé oblasti, tj. ovocné či zeleninové šťávy a džusy, mléko a také pivo (Fellows, 2009).

Účinky pasterace však nejsou pouze pozitivní. Výhodná je bezpochyby co se týče stránky mikrobiologické a biologické trvanlivosti, avšak problémy vyvstávají u fyzikálně-chemické stability piva. Za vyšších teplot jsou totiž katalyzovány mnohé chemické reakce, a tak probíhají i ty, pro které by za normálních podmínek nebyl až takový prostor. Ze sacharidů a cukernatých sloučenin mohou vznikat melanoidiny mající negativní vliv na senzorické vlastnosti piva, a to nejvíce na jeho barvu a chuť (Šrogl a Kopecký, 1971). Čím ostřejší pasterace je, tzn. čím vyšší jsou použité teploty, tím intenzivnější je změna barvy, tím více je potlačena hořkost mírně nasládlou chutí a zároveň je snižován obsah polyfenolů i dalších látek (kyselina thiobarbiturová, 1,1-difenyl-2-pikrylhydrazyl aj.)

přirozeně působících např. na redoxní kapacitu piva přímo ovlivňující jeho, nejen, senzorickou stabilitu (Cao *et al.*, 2011).

Pasterační jednotky a pasterační účinek

Ostrost či intenzita pasterace je měřena v pasteračních jednotkách (PU) definovaných jako 1 minuta ošetření při teplotě 60 °C (140 °F). Minimální doporučená hranice pasteračních jednotek u piva je 15 PU, která zajistí inaktivaci kažení působících mikroorganismů, jako jsou různé kvasinky či bakterie (Milani a Silva, 2022).

Pivo je obvykle pasterováno na 10–100 PU, ačkoliv i 5 PU by mělo být dostatečných (Enevoldsen, 1984).

Pasterační jednotky jsou jednotkami veličiny pasteračního účinku, popř. letálního účinku. Jedná se o takový tepelný účinek pasterace, který je při dané použité teplotě přepočten na teplotu srovnávací, tj. 60 °C. Znamená to tedy, že pasterační účinek vyjadřuje počet minut pasterace při teplotě 60 °C nutných ke stejnému účinku na mikroorganismy, jakého bylo dosaženo v čase při teplotě ve skutečnosti použité. Pasterační účinky se pak dále rozlišují na získaný a potřebný pasterační účinek (Janoušek a Basařová, 2002).

Pasterační zákony

V rámci pasterace byly také stanoveny pasterační zákony, z nichž jsou udávány dva hlavní, jejichž platnost je ale podmíněna určitými podmínkami (např. stejná tepelná odolnost veškerých přítomných buněk). První zákon říká, že za konstantní teploty klesá počet mikroorganismů exponenciálně s časem. Dle zákona druhého je přesně udávána závislost délky časového úseku probíhající pasterace na teplotě, a to pro konstantní poměrné snížení počtu mikroorganismů. Tepelná odolnost mikroorganismů se odvíjí od mnohých faktorů, přičemž nejdůležitější je jejich taxonomické zařazení, tj. druh a kmen, složení a pH ohřívávaného prostředí či fyziologický stav. Tepelná odolnost je v neposlední řadě ovlivňována i stářím mikrobiální kultury (Šavel, 1984).

Způsoby pasterace

Pasterace piva je nejčastěji prováděna dvěma způsoby – tunelovým, nebo průtokovým. Hlavním rozdílem mezi nimi je, že během tunelové pasterace je ohříván již balený produkt, kdežto při průtokové je pasterováno pivo samotné jakožto ještě nenaplněná tekutina. Průtoková pasterace je tedy vhodná pro pivo sudové, stáčené do KEG sudů (www.smartmachine.com, Tunnel Pasteurizers vs. Flash Pasteurization for Beer).

a. Tunelová pasterace

Tunelová pasterace funguje na principu pasterace piva již stočeného do lahví či plechovek. V tomto nosiči pak prochází skrze dlouhý, relativně úzký tunel, ve kterém je v podstatě sprchováno teplou vodou po stanovenou dobu, čímž dojde k prohřátí obalu a od něj pak i piva samotného. V případě skleněných lahví je nutné brát zřetel na náchylnost skla k prudkým změnám teplot, protože je vhodná postupnost ohřevu i zchlazování. (www.beerandbrewing.com, The Oxford Companion to Beer definition of pasteurization; Basařová *et al.*, 2010).

Podmínky pasterace evropských ležáků jsou dosti variabilní – od bleskového 30s působení teploty 72 °C po teploty pohybující se mezi 80–90 °C. Různí se i délka probíhající pasterace – ta se pohybuje v řádech sekund a minut, příp. až desítek minut (Basařová *et al.*, 2010; www.czechminibreweries.com, Tunelová pasterizace piva; www.smartmachine.com, Tunnel Pasteurizers vs. Flash Pasteurization for Beer). Takto dlouhý čas pobytu piva v pastéru je dán právě materiálem obalu vyžadující pozvolné zvyšování i snižování teploty – např. z celkového času 56 minut probíhá 13 minut předehřívání, vlastní ohřev 14 minut, následně 6 minut působí dosažená požadovaná teplota a 23 minut probíhá ochlazování (Karatás *et al.*, 2021).

b. Průtoková pasterace

Při průtokové pasteraci je zahříván přímo tenký film piva v deskovém výměníku na teplotu 68–70 °C působící 30–40 s. Průtokový paster se skládá ze tří, někdy až čtyř, funkčních úseků. V první sekci, regenerační, je pivo předehříváno, následuje sekce ohřívací a poslední je sekce chladičí. Voda, pomocí níž je pivo ohříváno, má vlastní okruh, buď s nepřímým, nebo přímým parním ohřevem. Průtoková pasterace poskytuje větší mikrobiologickou stabilitu – v porovnání s tunelovou pasterací zde totiž svoji důležitou roli sehrává nepřítomnost obalu, neboť právě na něm ulpívá poměrně značné množství mikroorganismů, ze kterých mohou některé být vůči zvýšeným teplotám odolné (Basařová *et al.*, 2010).

Dnes existuje široké spektrum typů pasterů – lázeňské, komorové; parní, elektrické, automatické plynové apod. (www.czechminibreweries.com, Pasteurování piva).

1.4.4 Nejvýznamnější mikroorganismy způsobující kažení piva

Nejnebezpečnějšími mikroorganismy pro pivo a potažmo celý pivovarnický průmysl jsou bakterie, z nichž lze jako konkrétní příklady uvést některé druhy mléčných bakterií (*Lactobacillus brevis*, *L. lindneri* či *Pediococcus damnosus*), dále

gramnegativních bakterií (*Pectinatus cerevisiiphilus*, *P. frisingensis*, *Megasphaera cerevisiae*) a dalších. Tyto mikroorganismy jsou zodpovědné za kažení piva tvorbou zákalu, kyselosti a také různých vad vůně (diacetyl či sirovodík). Některé, nejen, z těchto mikroorganismů nejsou odolné vůči látkám obsaženým v chmelu, a proto je, případně alespoň částečně, možné zbavit se jich již během chmelovaru. Chmel tak v pivu zastává nejen roli koření, nýbrž také jakéhosi sterilizačního činidla (www.bezpecnostpotravin.cz, Odolnost bakterií způsobujících kažení piva vůči chmelu).

1.5 České pivo – pivo plzeňského typu

Pivo plzeňského typu bylo poprvé uvařeno v Plzni, Josefem Grollem, 5. října 1842. Jedná se o světlý, spodně kvašený ležák, který měl díky místním surovinám, tzn. měkké plzeňské vodě, světlému sladu a žateckému chmelu, jedinečné vlastnosti, a tak se stal inspirací pro celý svět (www.czech-presidency.consilium.europa.eu, Pivo plzeňského typu: České tekuté zlato lidé pijí více než 180 let).

Pivo plzeňského typu, resp. český světlý ležák, je dle Borowiece a Titzlové (2020) definován jako spodně kvašené pivo vařené dekokčním způsobem na jeden až tři rmuty s dlouhou délkou ležení. Jeho typickými vlastnostmi je sytě žlutá až tmavě zlatá barva, pěna v ideálním případě vysoká a hustá, vůně nižší až střední intenzity, vyrovnaná chuť. Hořkost by měla být střední, příp. o něco málo výše nad středem, sladěná s plností a sladovým charakterem pivního těla a neměla by za žádných okolností ulpívat na jazyku. Čísly se dá český světlý ležák vyjádřit následujícím způsobem:

- barva 6–16 EBC (obrázek 1.2);
- alkohol 4–5,2 %;
- hořkost 22–45 IBU.

Podle Vyhlášky č. 248/2018 Sb. se ležákem rozumí pivo spodně kvašené s EPM, tzn. extraktem původní mladiny, mezi 11 a 12 % hmotnostními.



Obr. 1.2: Stupnice barev – EBC, SRM (www.pivoteka-tabor.cz, Pojmy na pivních etiketách)

2 Cíl práce

Cílem práce bylo sensoricky a laboratorně zhodnotit vzorky piva plzeňského typu po různých technologických úpravách (nepasterované, filtrované, pasterované, filtrované a pasterované) skladovaných při různých teplotách a zjištěné výsledky následně zpracovat tabulkově, graficky a statisticky vyhodnotit.

3 Metodika

3.1 Výroba piva a jeho následné úpravy

Pivo, se kterým bylo dále pracováno a které bylo následně pozorováno, pocházelo z várky č. 524 uvařené dne 12. října 2022 ve Výzkumném a výukovém minipivovaru (obrázek 3.3) Fakulty zemědělské a technologické Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Z této várky bylo na konci získáno 218 l piva, přičemž byl tento objem následně přidán na spilku a poté už jako celek přesunut do CKT s pivem stejného druhu, tj. 11° světlým pivem, uvařeného předchozí den.



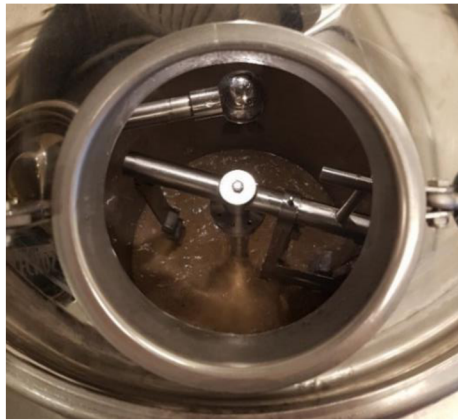
Obr. 3.3: Technologie varny, Výzkumný a výukový minipivovar, varna, FZT JČU

Na tuto konkrétní várku bylo použito celkem 34,6 kg sladu – plzeňský (31,00 kg), mnichovský (3,00 kg) a karamelový (0,60 kg).

Průběh várky mladiny

1. Vystírání do 130 l vody o teplotě 52 °C;
2. 30 minut prodleva;
3. teplota vystírky zvednuta na 62,5 °C;
4. 20 minut prodleva;
5. teplota navýšena na 65,5 °C (odpovídá nižším cukrotvorným teplotám);
6. 80 l přečerpáno do scezovací kádě (jednormutový způsob), teplota 61 °C;
7. rmut (zbylých necelých 80 l) zůstává ve rmutomladinové pánvi, teplota 72 °C;
8. teplota zvýšena na 100 °C a ponechána po dobu 20 minut;
9. rmut přečerpán zpět do scezovací kádě ke zbytku díla;
10. 20 minut prodleva při teplotě 78 °C (zcukřovací prodleva);

-
11. podrážení a scezování (jodová zcukřovací zkouška);
 12. vyslazování pomocí 4 výstřelkových vod a zároveň také prořezávání mláta, tj. po každém výstřelku na 5 minut puštěna kopačka (obrázek 3.4);



Obr. 3.4: Prořezávání mláta kopačkou

13. zkouška stupňovitosti;
14. sladina přivedena k varu (chmelovar);
15. 4 dávky granulovaného chmele:
 - a. první do předku (Sládek, 61 g),
 - b. druhá 10 minut od zahájení chmelovaru (Sládek, 121 g),
 - c. třetí po 45 minutách (ŽPČ, 174 g),
 - d. čtvrtá po 1 hodině 15 minutách (ŽPČ, 174 g),

obrázek 3.5 znázorňuje kontrolu lomu mladiny prováděnou po chmelovaru;



Obr. 3.5: Lom mladiny

16. vířivá kád', tzv. whirlpool (obrázek 3.6);



Obr. 3.6: Whirlpool

17. prodleva 20 minut;

18. spílání mladiny přes deskový chladič na zákvasnou teplotu 7,5 °C;

19. hlavní kvašení – kvasinky *S. cerevisiae* typ „BUDVAR“ (obrázek 3.7);

1.–2. den teplota 8 °C;

3. den teplota 7 °C;

4. den teplota 6 °C;

5. den teplota 4 °C;

6. den teplota 1 °C;

ležácký sklep (CKT) – teplota 1 °C, doba ležení 30 dnů.



Obr. 3.7: Počáteční fáze kvašení

3.1.1 Pasterace

Pasterace (obrázek 3.8) vyrobeného piva byla provedena u 20 kusů 0,5 l skleněných lahví, a to prostým zvýšením teploty vody v klasickém hrnci o objemu zhruba 20 l. Teplota pasterační lázně byla 60 °C a trvala po dobu 15 minut (15 PU). Po ukončení lázně následovalo chlazení – pozvolné a co nejšetrnější – nejprve ponechány 4 hodiny při teplotě 20 °C a následně byly láhve uloženy v chladničce při teplotě 1 °C.



Obr. 3.8: Pasterace

3.1.2 Filtrace – pivovar Bernard

V rodinném pivovaru Bernard je pivo po ukončení zrání filtrováno skrze křemelinový filtr, doplněný filtrem mikrobiologickým. Takto prováděná filtrace je k pivu poměrně šetrná a zaručuje mu šestiměsíční dobu trvanlivosti, díky čemuž jej není nutné dále pasterovat (www.bernard.cz, Křemelinová a mikrobiální filtrace; www.youtube.com, Akademie kvality – Tajemství výroby: Bernard).

3.2 Sběr dat

Data byla získávána v průběhu 10 po sobě jdoucích týdnů. Každý týden byly vyhodnocovány celkem 4 vzorky – analyticky pomocí přístroje FermentoFlash (FunkeGerber, SRN) a vedle toho také senzoricou analýzou vybraných deskriptorů 7 poučenými hodnotiteli.

Sledovány a hodnoceny byly tyto 4 vzorky:

- Vzorek č. 1: ČTYRÁK 12° světlé, nefiltrované a nepasterované pivo
Pivo bylo sledováno v průběhu jeho zrání v CKT – od fáze mladého, resp. zeleného piva až po jeho stočení. Bylo tedy hodnoceno vždy čerstvě odebrané z CKT a následně ještě i 2 týdny jako již lahvové (sklo 0,5 l).
Složení: pitná voda, slad ječný/pšeničný, chmelové produkty, kvasnice.
- Vzorek č. 2: ČTYRÁK 11° světlé, nefiltrované a nepasterované pivo
Pivo uvařené dne 3. listopadu 2022 se zdánlivým prokvašením 3,45 % k 9. listopadu 2022. Pivo bylo stočeno do tmavých PET lahví 0,7 l, aby bylo původně mladému pivu umožněno další bezproblémové zrání v láhvi.
- Vzorek č. 3: ČTYRÁK 11° světlé, nefiltrované pivo pasterované
Pivo původem ze stejné várky jako vzorek č. 2, které však prošlo pasterací – zhruba 15 PU.
Pivo bylo v tomto případě stočeno do 0,5 l tmavých skleněných lahví, aby bylo možné vystavit láhve vyšším teplotám, a tak provést pasteraci.
- Vzorek č. 4: BERNARD 12° tradiční světlý ležák – filtrovaný
Složení: pitná voda, ječný slad, žatecký upravený chmel, chmelový extrakt.
Pivo bylo zakoupeno v listopadu 2022; minimální trvanlivost do 14.02.2023.

3.3 Analytické měření přístrojem FermentoFlash

Data byla analyticky získávána pomocí přístroje FermentoFlash (Funke Gerber, SRN). Stanovované parametry: obsah alkoholu (% obj.; % hm.), extrakt skutečný i zdánlivý, extrakt původní mladiny (EPM; stupňovitost původní mladiny), hustota vzorku a osmotický tlak (obrázek 3.9).



Obr. 3.9: Analyzátor FermentoFlash

Postup analytického měření

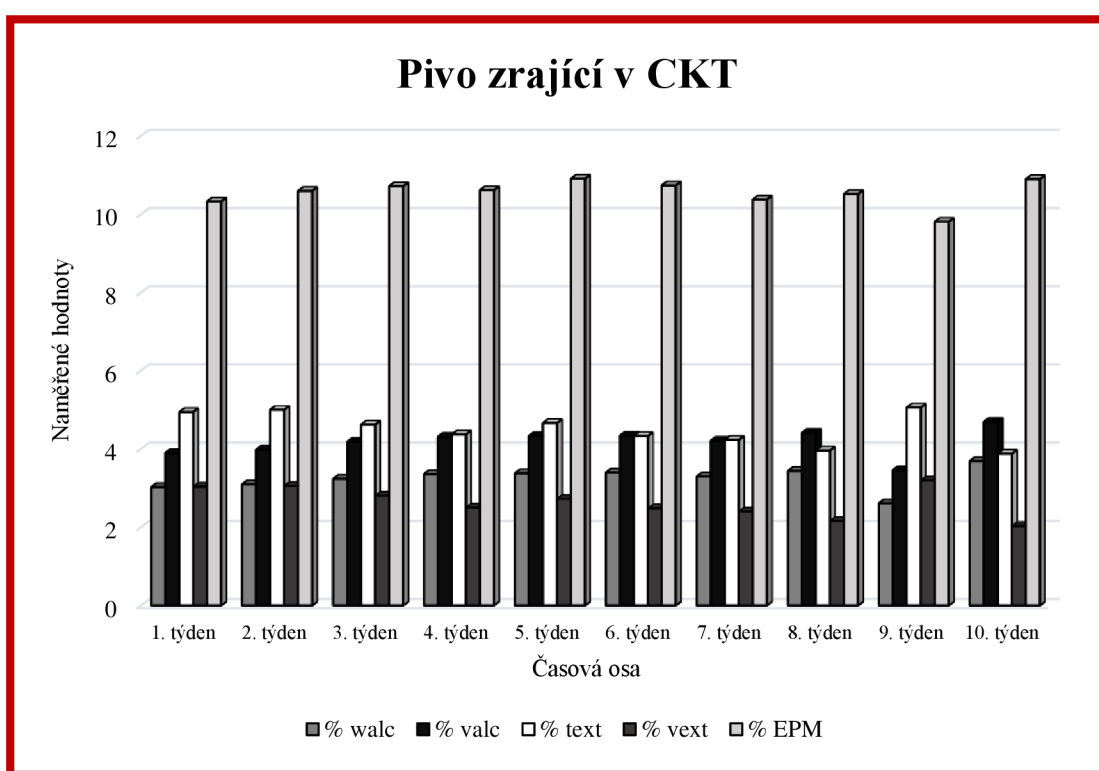
- I. Temperování přístroje (20–30 minut) – automaticky nastaveno.
- II. Odplynění vzorku v ultrazvukové lázni po dobu 15 minut při teplotě 20 °C.
- III. Kalibrace přístroje kalibračním/nulovacím roztokem.
- IV. Vlastní měření – odplyněný vzorek piva o objemu cca 100 ml je umístěn do kádinky, do které je ponořena nasávací jehla automaticky odebírající vždy 10 ml ze vzorku.
- V. Každé měření je po 1 minutě automaticky opakováno (2–3x).
- VI. Po ukončení každého měření i na úplný závěr musí být přístroj vyčištěn čisticím roztokem a propláchnut destilovanou vodou. Nasávací jehla je mimo dobu používání ponořena do kádinky s destilovanou vodou.

Ke statistickému i grafickému vyhodnocení získaných dat byl použit MS Excel (MICROSOFT, Washington, USA).

4 Výsledky

I. Pivo z CKT (vzorek č. 1)

V následujícím grafu 4.1, vytvořeného na základě hodnot uvedených v tabulce 4.1, jsou zaneseny hodnoty celkem pěti z měřených parametrů pomocí automatického analyzátoru FermentoFlash. Navzdory někdy větším a někdy menším odchylkám může být pozorováno ustalování hodnot – nejlépe pozorovatelné je to u přítomnosti extraktu. To, o jak drobné odchylky se ve skutečnosti jedná, je naprosto patrné právě z grafického zpracování (graf 4.1). Tyto odchylky mohou být způsobeny mnohými faktory – např. odlišnou teplotou vzorku atp.



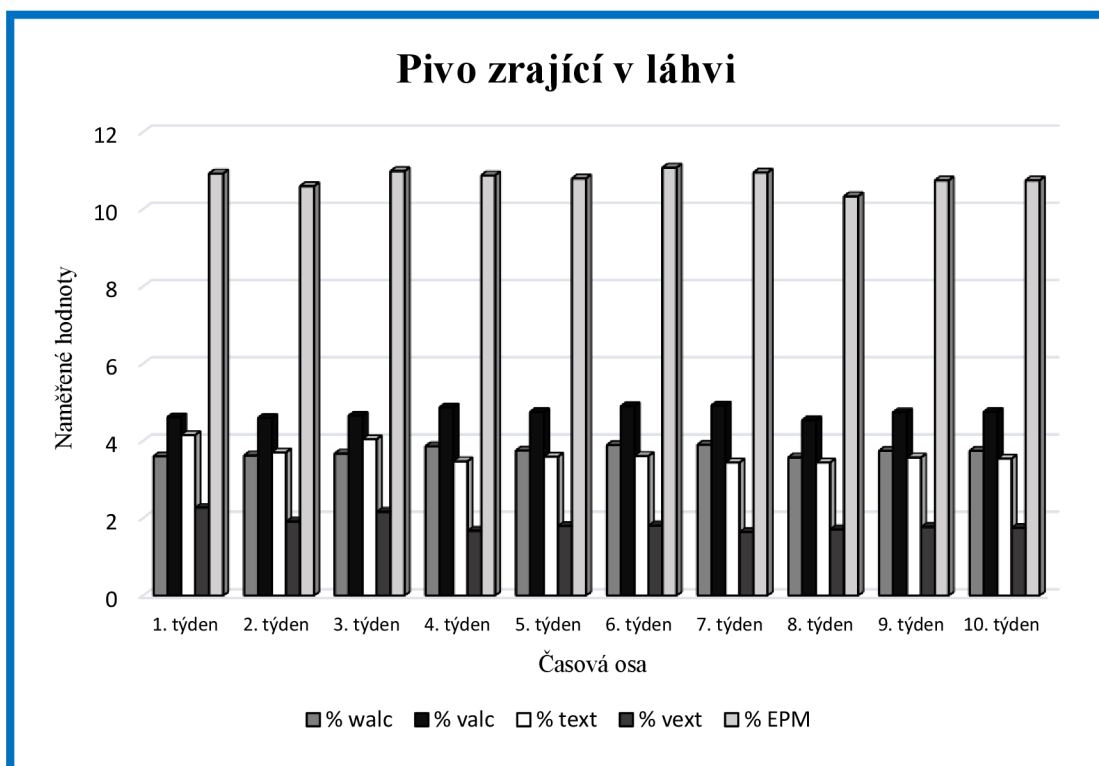
Graf 4.1: Naměřené hodnoty piva z CKT

Tab. 4.1: Naměřené hodnoty piva z CKT – FermentoFlash

Datum analýzy	Obsah alkoholu [hm. %]	Obsah alkoholu [obj. %]	Skutečný extrakt [%]	Zdánlivý extrakt [%]	EPM [%]
1. týden (14.12.2022)	3,03	3,90	4,94	3,04	10,33
2. týden (21.12.2022)	3,10	3,98	5,00	3,06	10,60
3. týden (29.12.2022)	3,24	4,18	4,62	2,81	10,72
4. týden (05.01.2023)	3,36	4,31	4,37	2,50	10,62
5. týden (11.01.2023)	3,38	4,33	4,66	2,73	10,91
6. týden (19.01.2023)	3,40	4,34	4,33	2,48	10,74
7. týden (26.01.2023)	3,30	4,21	4,23	2,40	10,38
8. týden (01.02.2023)	3,44	4,41	3,96	2,16	10,52
9. týden (08.02.2023)	2,61	3,46	5,06	3,20	9,81
10. týden (15.02.2023)	3,69	4,69	3,88	2,03	10,90

II. Pivo zrající v láhvi (vzorek č. 2)

V grafu 4.2 vyplývajícího z hodnot uvedených tabulce 4.2, tj. týkající se vzorku č. 2, tedy piva bez veškerých úprav zrajícího v láhvi, jsou zaznamenány již o něco větší odlišnosti – můžeme pozorovat, opět nejvíce v případě extraktu, že k určitým výkyvům docházelo v podstatě každý týden a že naměřené hodnoty nejsou příliš vyrovnané, a tak je i nemožné vyvodit závěrem jednoznačný trend. Tyto výkyvy a absence jakékoliv posloupnosti či ustalování hodnot je zejména z toho důvodu, že zrání piva nebylo v lahvích nijak regulováno.



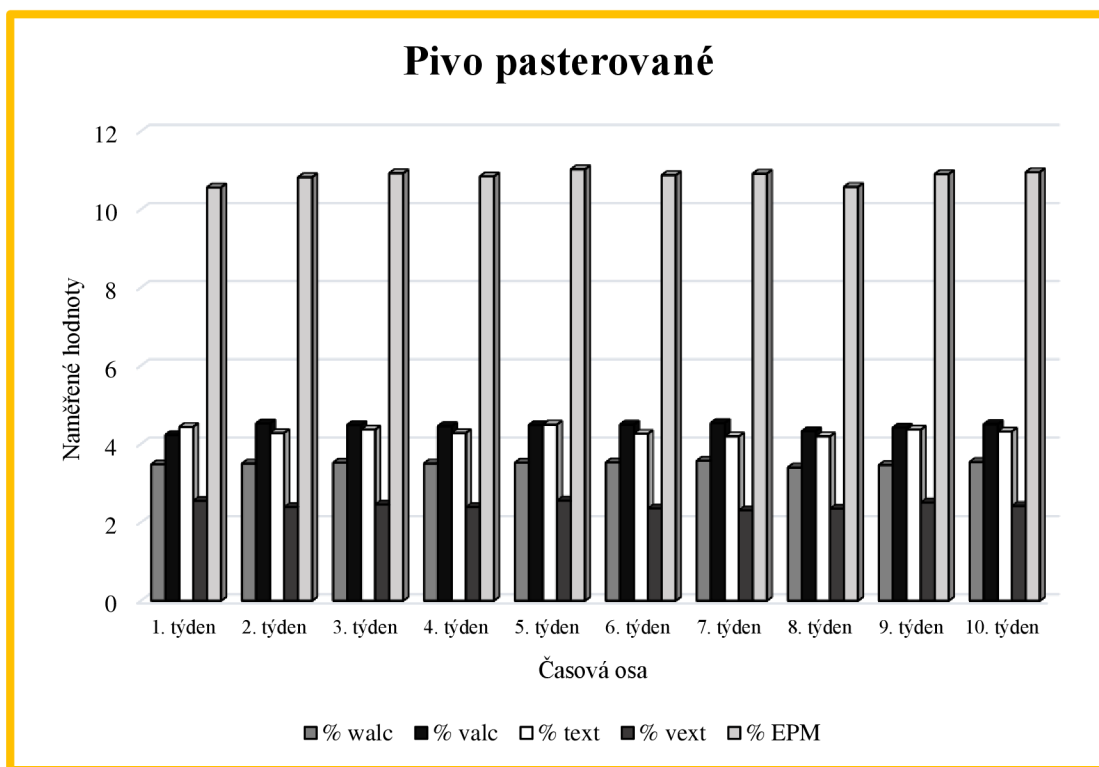
Graf 4.2: Naměřené hodnoty piva zrajícího v láhvi

Tab. 4.2: Naměřené hodnoty piva zrajícího v láhvi – FermentoFlash

Datum analýzy	Obsah alkoholu [hm. %]	Obsah alkoholu [obj. %]	Skutečný extrakt [%]	Zdánlivý extrakt [%]	EPM [%]
1. týden (14.12.2022)	3,60	4,61	4,15	2,27	10,92
2. týden (21.12.2022)	3,62	4,59	3,70	1,91	10,59
3. týden (29.12.2022)	3,67	4,65	4,04	2,16	10,98
4. týden (05.01.2023)	3,86	4,87	3,47	1,67	10,87
5. týden (11.01.2023)	3,75	4,75	3,59	1,80	10,79
6. týden (19.01.2023)	3,89	4,90	3,61	1,81	11,07
7. týden (26.01.2023)	3,90	4,92	3,44	1,64	10,94
8. týden (01.02.2023)	3,57	4,53	3,44	1,71	10,33
9. týden (08.02.2023)	3,74	4,74	3,57	1,77	10,74
10. týden (15.02.2023)	3,74	4,75	3,54	1,75	10,74

III. Pivo pasterované (vzorek č. 3)

Pivo pasterované, jehož sledované a naměřené parametry jsou zaneseny v následujícím grafu (graf 4.3) a tabulce (tabulka 4.3), v průběhu času vykazuje ze všech zkoumaných vzorků největší vyrovnanost. Je tedy zřejmé, neboť pivo pochází ze stejné várky jako vzorek č. 2, že pivo prošlé pasterací je skutečně schopné udržet si relativně stálé počáteční vlastnosti po mnohem delší čas.



Graf 4.3: Naměřené hodnoty pasterovaného piva

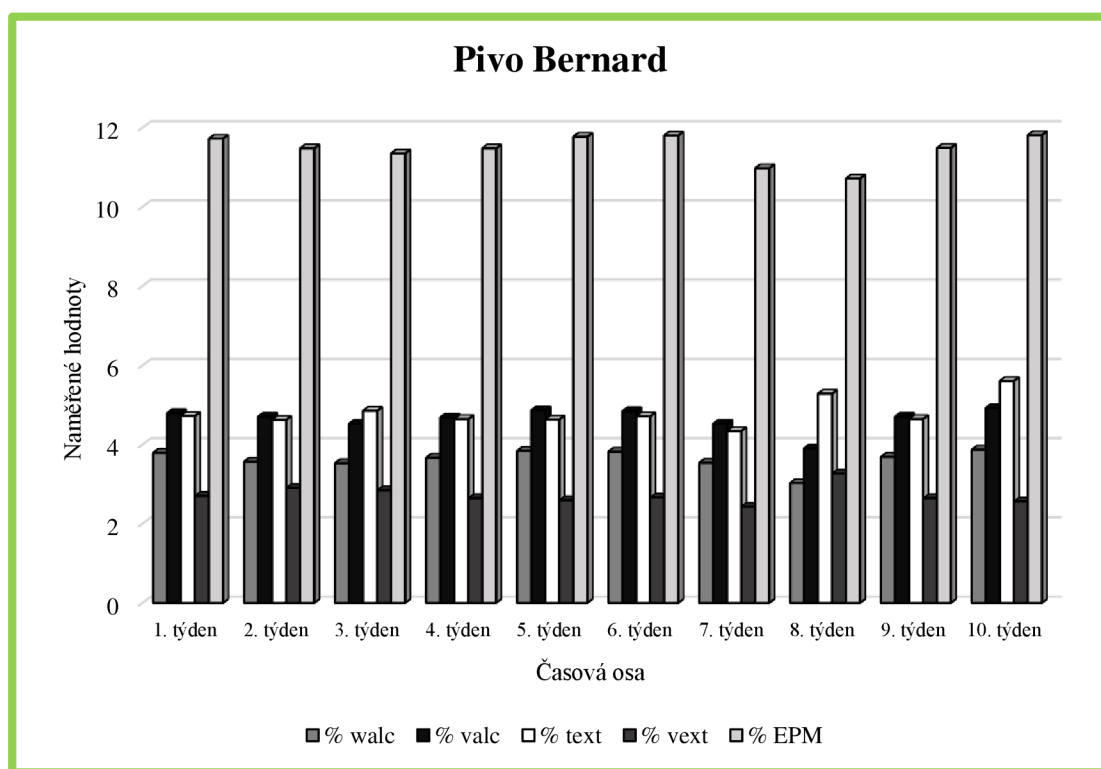
Tab. 4.3: Naměřené hodnoty piva pasterovaného – FermentoFlash

Datum analýzy	Obsah alkoholu [hm. %]	Obsah alkoholu [obj. %]	Skutečný extrakt [%]	Zdánlivý extrakt [%]	EPM [%]
1. týden (14.12.2022)	3,48	4,23	4,44	2,55	10,56
2. týden (21.12.2022)	3,50	4,53	4,28	2,39	10,82
3. týden (29.12.2022)	3,52	4,49	4,37	2,46	10,92
4. týden (05.01.2023)	3,50	4,46	4,28	2,39	10,84
5. týden (11.01.2023)	3,52	4,49	4,50	2,56	11,02
6. týden (19.01.2023)	3,53	4,50	4,26	2,36	10,87
7. týden (26.01.2023)	3,57	4,54	4,19	2,31	10,91
8. týden (01.02.2023)	3,40	4,33	4,19	2,35	10,57
9. týden (08.02.2023)	3,46	4,42	4,37	2,51	10,90
10. týden (15.02.2023)	3,54	4,51	4,32	2,42	10,95

IV. Pivo Bernard (vzorek č. 4)

Následující graf 4.4 utvořený na základě hodnot uvedených v tabulce 4.4 ukazuje hodnoty naměřené u posledního ze vzorků, tj. filtrovaného 12° ležáku z tržní sítě. Ze zjištěných hodnot vyplývá, že účinnost filtrace pro udržení výchozích vlastností piva není až taková, jakou poskytuje pasterace. Na druhou stranu jsou naměřené hodnoty ale stále vyrovnanější než u piva žádným způsobem neupraveného.

Z grafického zpracování (graf 4.4) hodnot je zřejmé, že v průběhu zkušebního období docházelo k určitým výkyvům u jednotlivých měření.

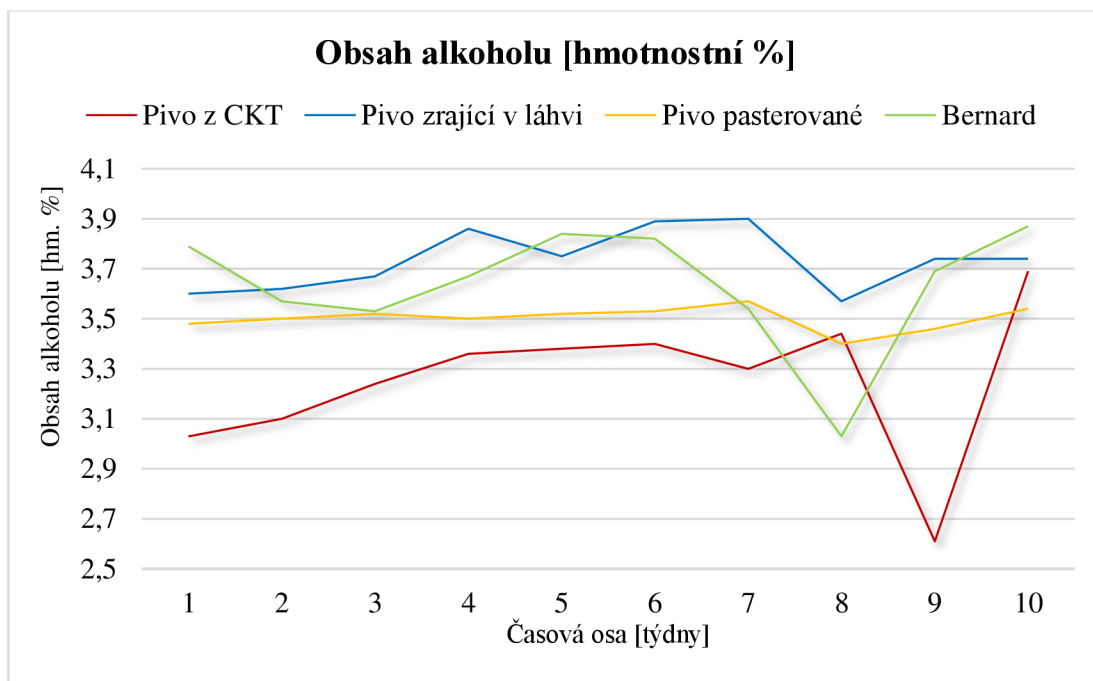


Graf 4.4: Naměřené hodnoty piva Bernard

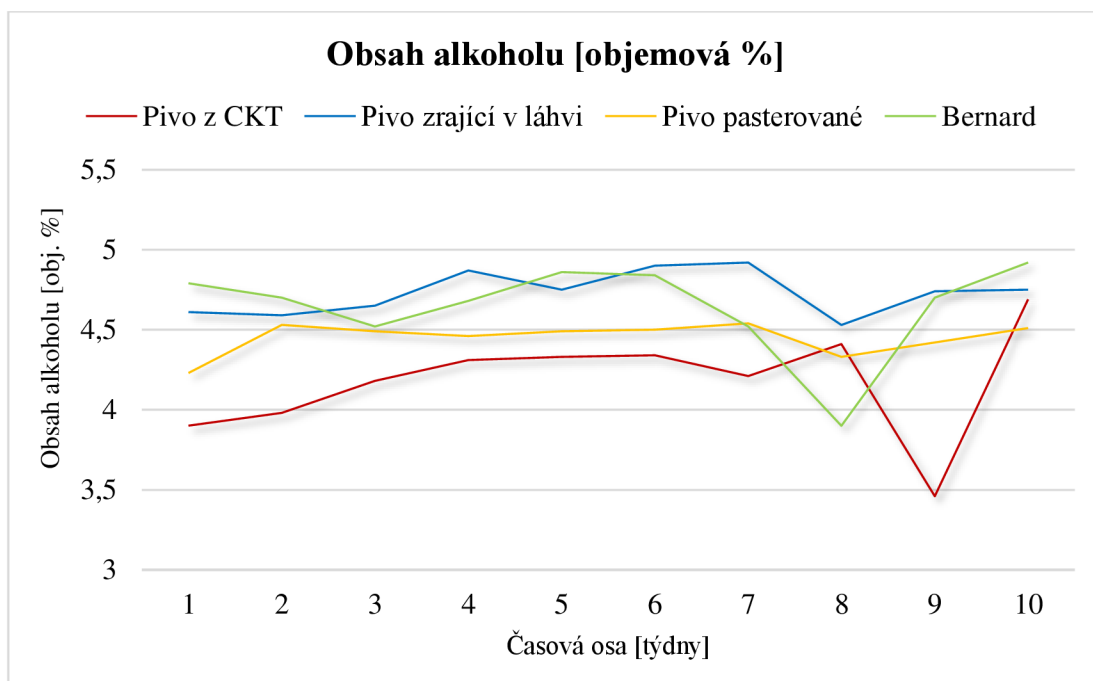
Tab. 4.4: Naměřené hodnoty piva Bernard – FermentoFlash

Datum analýzy	Obsah alkoholu [hm. %]	Obsah alkoholu [obj. %]	Skutečný extrakt [%]	Zdánlivý extrakt [%]	EPM [%]
1. týden (14.12.2022)	3,79	4,79	4,72	2,70	11,72
2. týden (21.12.2022)	3,57	4,70	4,62	2,90	11,47
3. týden (29.12.2022)	3,53	4,52	4,85	2,84	11,34
4. týden (05.01.2023)	3,67	4,68	4,64	2,64	11,47
5. týden (11.01.2023)	3,84	4,86	4,63	2,59	11,77
6. týden (19.01.2023)	3,82	4,84	4,71	2,66	11,80
7. týden (26.01.2023)	3,54	4,52	4,34	2,43	10,97
8. týden (01.02.2023)	3,03	3,90	5,28	3,27	10,71
9. týden (08.02.2023)	3,69	4,70	4,64	2,64	11,48
10. týden (15.02.2023)	3,87	4,92	5,60	2,56	11,81

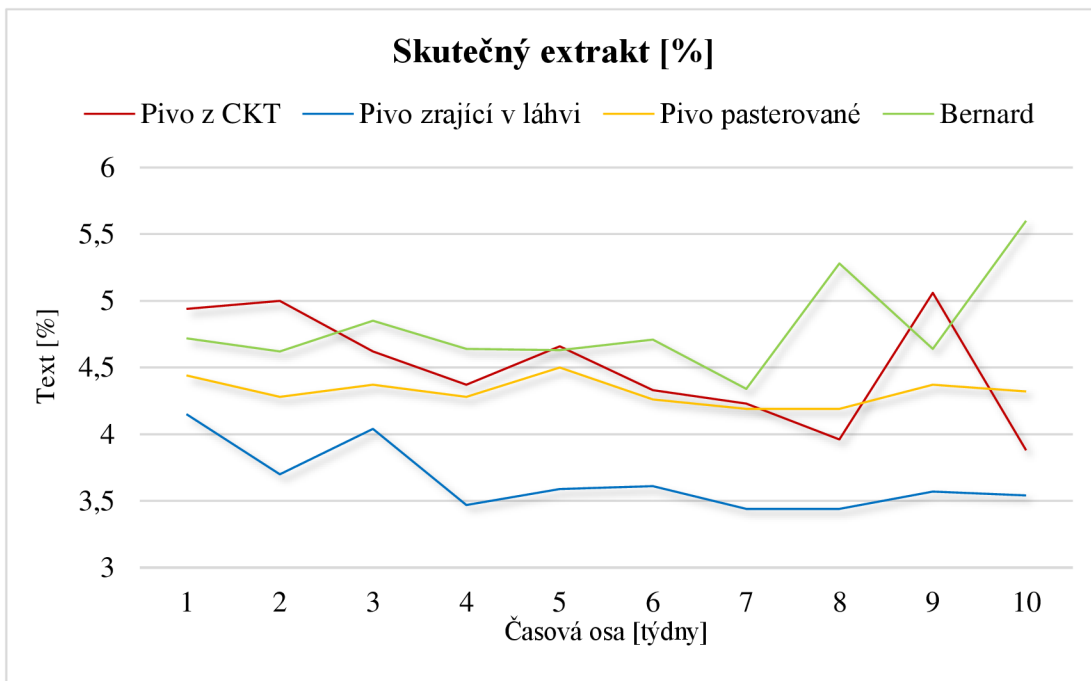
4.1 Souhrnné srovnání zkoumaných vzorků



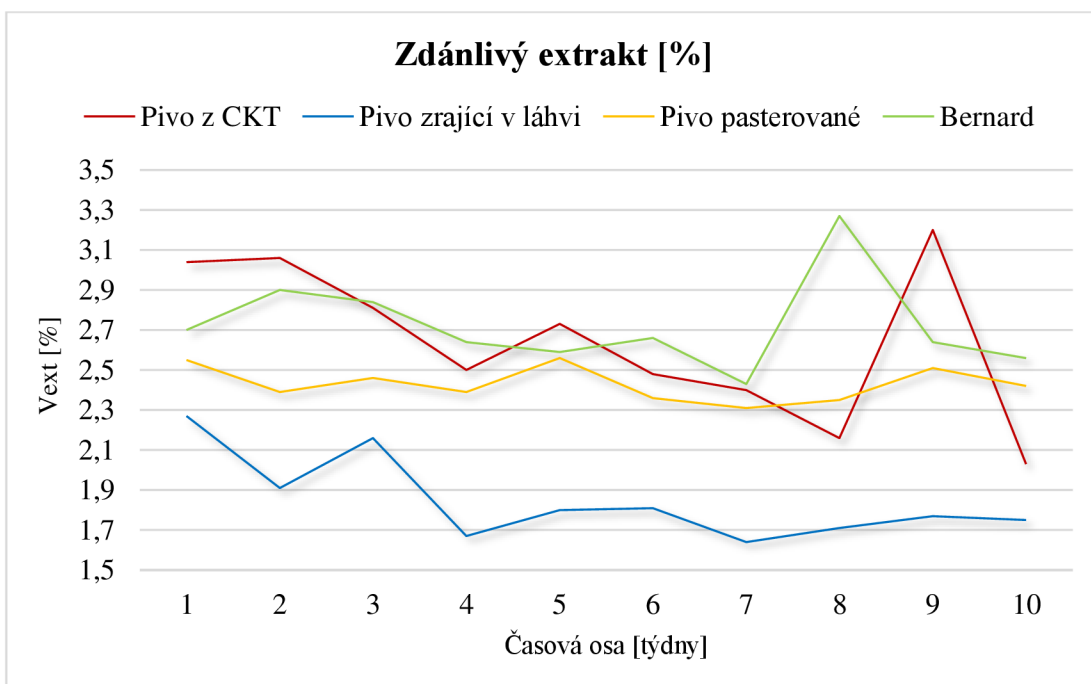
Graf 4.5: Srovnání výsledků všech vzorků (č. 1–4) – obsah alkoholu v % hm.



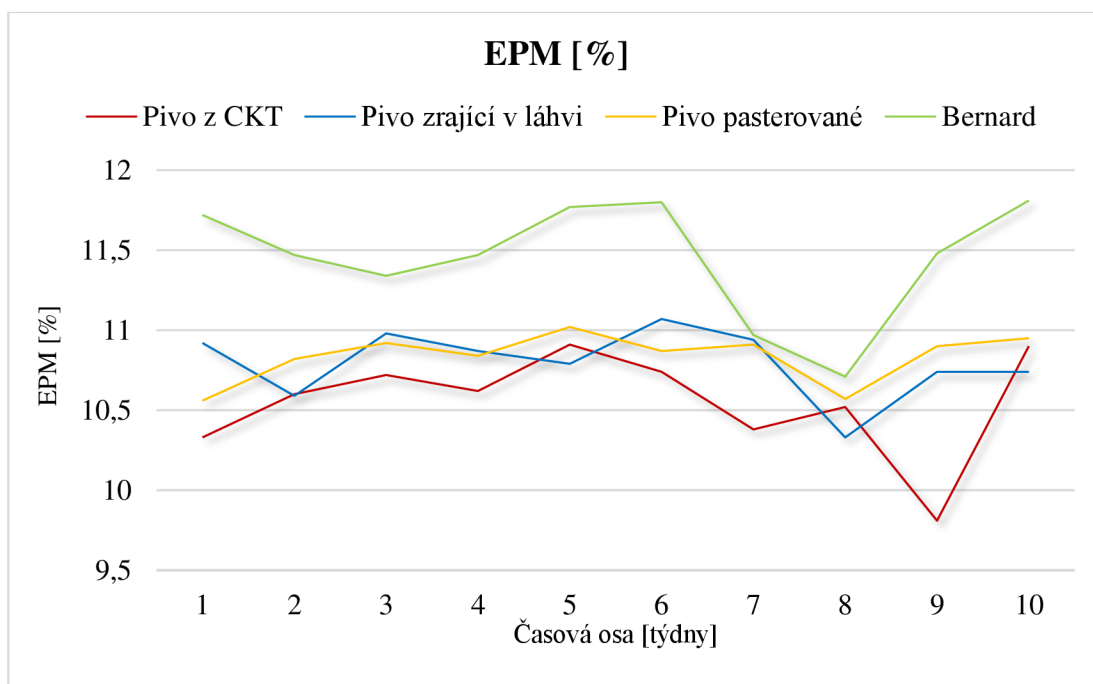
Graf 4.6: Srovnání výsledků všech vzorků (č. 1–4) – obsah alkoholu v % obj.



Graf 4.7: Srovnání výsledků všech vzorků (č. 1–4) – T_{ext} (%)



Graf 4.8: Srovnání výsledků všech vzorků (č. 1–4) – V_{ext} (%)



Graf 4.9: Srovnání výsledků všech vzorků (č. 1–4) – EPM (%)

Ze všech grafů je patrné (grafy 4.5–4.9), že nejstálejší z piv je pivo pasterované, které dosahuje v průběhu celého sledovaného období vůbec nejvyrovnanějších výsledků.

Největší odchylky v průběhu času mohou být pozorovány u piva bez veškerých úprav zrajícího v láhvi. Jen o málo stálějších výsledků dosahuje pivo filtrované, tzn. jediný vzorek pocházející z tržní sítě – Bernard. U piva zrajícího v CKT mohou být pozorovány občasné výkyvy, avšak jsou-li tyto nuance mírně upozaděny, ze zjištěných hodnot vyplývá jakýsi trend postupného ustálení hodnot daného, příp. daných parametrů – např. u skutečného i zdánlivého extraktu se jedná o relativně plynulé, postupné snižování hodnoty. To je dáno bedlivým sledováním a možnou regulací celého průběhu zrání.

Další z grafů vyplývající skutečností je, že tím vůbec nejproměnlivějším parametrem je právě přítomnost extraktu – ať už zdánlivého, nebo skutečného. Naopak parametrem s nejstabilnějšími hodnotami je obsah alkoholu – v objemových i hmotnostních procentech.

Stupňovitost, resp. extrakt původní mladiny, je také poměrně vyrovnaná, zejména u třech vzorků původem z univerzitního minipivovaru, a to i přes přítomnost několika odchylek. Pivo z průmyslového pivovaru, poměrně paradoxně, vykazuje v EPM největší výkyvy ze všech sledovaných piv.

4.2 Senzorická analýza piva

Senzorická analýza byla prováděna souběžně s přístrojovou analýzou 7 poučenými hodnotiteli. Vzorek č. 1, tzn. pivo odebírané v průběhu času přímo z CKT, byl z technických důvodů hodnocen pouze 2 z nich.

Jednotlivé vzorky byly vychlazeny na 7–9 °C, nality do čirých, neoznačených sklenic a předkládány všechny naráz. Hodnocené parametry byly barva, čírost, vůně, pěna, říz, hořkost, plnost, vyváženost a pitelnost. Každý parametr byl ohodnocen podle 9stupňové škály (1 – nejlepší, 9 – nejhorší).

K dispozici byla degustační sousta k neutralizaci chuťových vjemů – obvykle bílé a slané pečivo, příp. sýr.

Popis hodnocení jednotlivých parametrů:

- barva – pro pivo plzeňského typu je typická zlatavá/zlatá barva, bývá obvykle posuzována dle stupnice EBC, tj. European Brewery Convention (v Evropě), v Americe se běžně používají jednotky SMR (Standard Reference Method);
- čírost – pivo pasterované a filtrované by mělo být čiré, pasterované by navíc mělo být dostatečně jiskrné, u piv nefiltrovaných a nepasterovaných je tolerován lehký zákal, pro ně naopak zcela typický;
- vůně – hodnocena byla její příjemnost a to, zda je typická pivní, vůni se rozumí vjem nosem poté, co je důkladně vdechnuta plynná složka bezprostředně nad sklenicí s nápojem; vůně je v různých vzdálenostech od sklenice různě intenzivní, což je dáno těkavostí přítomných látek, nejčastěji dodaných chmelem, díky čemuž byla vůně nejčastěji hodnocena právě jako „typická chmelová“;
- pěna – stabilita, velikost bublin a to, jak ulpívá na stěnách sklenice, pro pivo plzeňského typu je charakteristická bohatá hustá pěna;
- říz – též nasycenost CO₂, je vnímán ihned po napití, a to dvojnásobem: mechanoreceptory, aktivovanými právě přítomnými bublinkami a receptory bolesti, reagujícími na vznikající H₂CO₃ z přítomného CO₂; nasycenost piva by měla být taková, aby byl člověk po napití osvěžen, tzn. pivo by nemělo být ani mdlé, ale ani přesycené;
- plnost – tělo piva, příp. také chlebnatost či hutnost piva, je vnímána mechanoreceptory a je v úzké souvislosti se stupněm prokvašení, jakožto

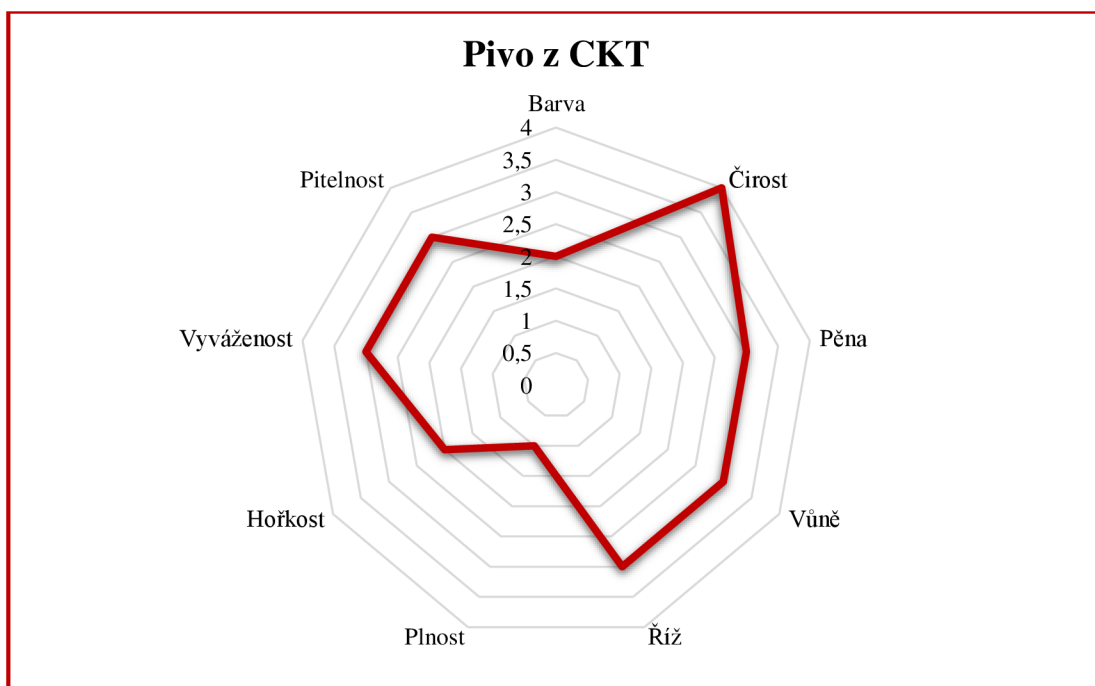
také s obsahem původního extraktu, zbytkových sacharidů či s obsahem alkoholu, dusíkatých látek a polyfenolů;

- hořkost – jeden z charakteristických rysů, jejímž nositelem je chmel a látky v něm obsažené (zejm. α -hořké a iso- α -hořké kyseliny); projevuje se ihned po polknutí a poté ještě postupně několik málo sekund doznívá; mezinárodní jednotky pro měření a vyjádření hořkosti piva – IBU (International Bitterness Unit), příp. EBU (European Bitterness Unit), rovnající se 1 mg iso- α -hořkých kyselin na 1 l piva;
- vyváženost – vzájemné spolupůsobení a shoda základních parametrů (plnost, hořkost a dále např. sladkost, trpkost či kyselost); je v úzkém vztahu s celkovým dojmem vyvolávaným daným pivem;
- pitelnost – aneb zda pivo vybízí k dalšímu napití; úzce souvisí s vyvážeností piva, neboť je-li pivo vhodně vyvážené, tzn. veškeré vlastnosti piva spolu navzájem vhodně korelují a vzájemně spolupracují, člověk obvykle zatouží po dalším doušku takto vydařeného nápoje (Olšovská *et al.*, 2017; Borowiec a Titzlová, 2020).

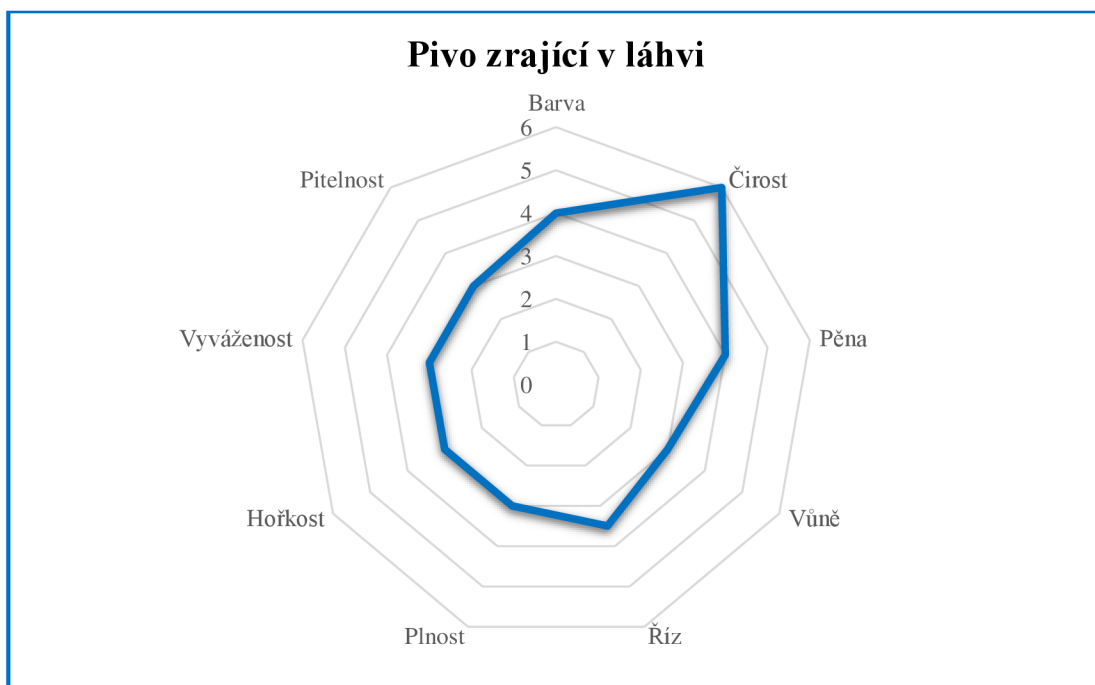
4.3 Vyhodnocení dat ze sensorické analýzy

V následujících grafech (grafy 4.10–4.13) jsou postupně prezentovány výsledky sensorického hodnocení pro každý vzorek. Data získaná ze sensorické analýzy (viz přílohy 1–8) byla zpracována formou paprskových, resp. pavučinových grafů, kdy každý z vrcholů odpovídá jednomu z deskriptorů. Výsledné hodnoty byly statisticky určeny pomocí mediánu – po seřazení všech zjištěných hodnot u jednotlivých deskriptorů se jedná o aritmetický průměr dvou prostředních hodnot, neboť je sudý počet týdnů sledování (10). V případě lichého počtu by se jednalo o hodnotu prostřední. Medián neuvažuje příliš odlehlé výsledky, a tak není ovlivněn extrémními, z řady příliš vybočujícími hodnotami, čímž lépe reaguje na případnou nesourodost, resp. nesouměrnost hodnot.

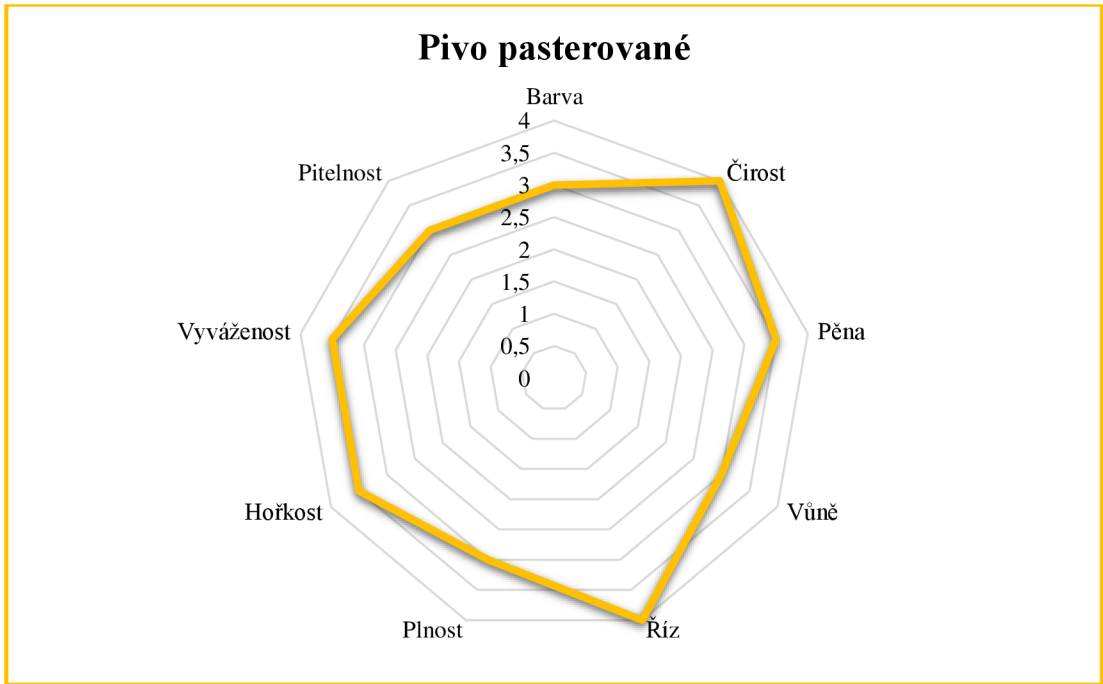
Jako nejpitelnější, nejvyváženější a na degustátory celkově nejlépe působící bylo označeno pivo odebírané přímo z CKT, následně pivo pasterované a pivo zrající v láhvi – výsledky všech tří jsou v tomto víceméně srovnatelné. Jako nejhůře pitelné bylo hodnoceno pivo Bernard.



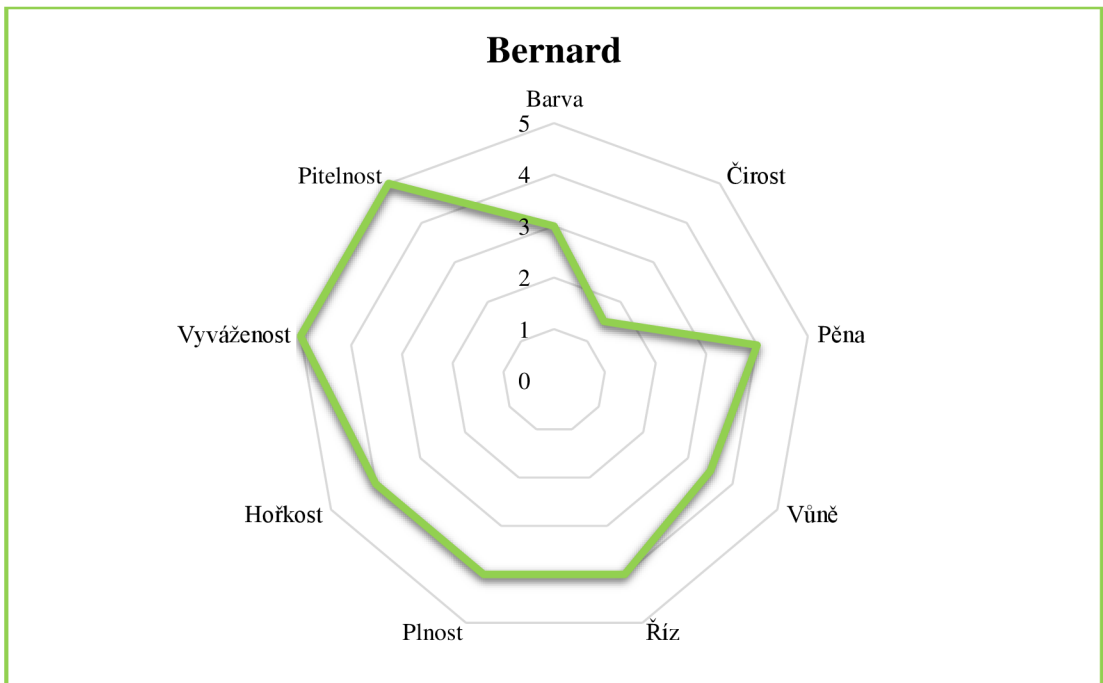
Graf 4.10: Senzorická analýza 12° piva z CKT



Graf 4.11: Senzorická analýza 11° piva z láhve



Graf 4.12: Senzorická analýza 11° piva pasterovaného



Graf 4.13: Senzorická analýza 12° piva Bernard

5 Diskuze

Výsledky desetitýdenní senzorické analýzy uskutečněné v rámci této bakalářské práce přímo korelují s vývojem trendů v preferencích piv konzumenty uváděných v různé literatuře v průběhu času. Basařová *et al.* (2010) uvádí, že po dlouhá staletí až tisíciletí bylo pivo typicky kalné, což se však změnilo s objevem pasterace v polovině 19. století. Důkazem tohoto zvratu může být např. Ottův slovník naučný (1888–1909), dle kterého má být pivo mj. čisté a jiskrné. Upřednostňování čirého piva bez zákalu trvalo v podstatě celé následující 20. století, avšak s přelomem 21. století zaznamenala pivní kultura rozmach v sortimentu nabízených, zejm. postfermentačně neupravených piv, jenž souvisel s narůstajícím počtem minipivovarů produkujících právě toto pivo.

Ze sedmi oslovených degustátorů byli dva narozeni v 60. letech minulého století a zbývajících pět pak okolo roku 2000. Mladší degustátoři preferovali jednoznačně pivo nefiltrované a nepasterované, a to i v případě, kdy je zprvopočátku přítomnost zákalu odrazovala. Po napití však pivo hodnotili jako perfektně vyvážené a vzbuzující ze všech nejlepší dojem. Jako největší zklamání, zejm. co se hořkosti a pitelnosti týče, bylo označováno filtrované pivo Bernard, u něhož byla na počátku sledovaného období zaznamenávána nedostatečná hořkost. S ubíhajícím časem se však, zpočátku téměř markantní, rozdíly pomalu smývaly, a tak ke konci i pivo Bernard v podstatě vyvážilo zbylé vzorky piv. Pivo pasterované bylo hodnoceno jako neutrální, poměrně dobře pitelné, avšak v případě možnosti výběru by nebylo první volbou. Dále bylo vesměs po celé období hodnoceno jako lehce nasládlé. Tato nasládlost však byla popisována jako ruku v ruce jdoucí s ne příliš výraznou, avšak dostatečnou hořkostí. Pasterované pivo obecně vyhovovalo spíše ženám (celkem se účastnily tři ženy). Co se vzhledu týče, čirost byla preferována právě především staršími hodnotiteli.

Zaznamenaná nasládlost pasterovaného piva je právě tím důvodem, proč je pasterace častokrát kontroverzním tématem. S jejím použitím totiž vyvstává určitý paradox, a sice, že ačkoliv na jednu stranu chrání senzorické vlastnosti před zničením a degradací, na tu druhou i ona sama přímo jejich určité změny působí. Dle Hrabáka *et al.* (1999) je míra znehodnocení senzorické kvality závislá na aplikovaném způsobu pasterace a zejména na její intenzitě, tzn. použité teplotě a času jejího působení. Byla dokonce stanovena jednotka senzorického poškození a tato problematika byla, a stále je, častokrát zkoumána. Zjistilo se, že závažnější

poškození sensorických vlastností působí pasterace tunelová, jež je zároveň považována za méně spolehlivou a na prostor i spotřebované množství energie náročnější než pasterace průtoková (www.czechminibreweries.com, Tunelová pasterizace piva). Hlavním cílem, proč je pasterace používána, však stále zůstává zajištění mikrobiologické stability, kterou bezesporu, i přes vedlejší ne zcela žádoucí účinky, poskytuje – a v tom je, dle Basařové *et al.* (2010), tunelová pasterace spolehlivější než průtoková.

V diplomové práci zabývající se vlivem pasterizace a filtrace na obsah vybraných chemických složek piva Vopelková (2017) mj. uvádí, že jednotlivé, technologicky různě upravené, vzorky se vzájemně nejvíce lišily v prvkovém složení a obsahu fenolických látek. Z jejího výzkumu např. vyplývá, že piva upravená filtrací obsahují více železa a křemíku. Toto tvrzení bylo potvrzeno i sensorickou analýzou v rámci této bakalářské práce, neboť u filtrovaného piva Bernard byla několikrát zmíněna lehce železitá chuť. Vopelková tvrdí, že vyšší obsah železa ve filtrovaném pivu vychází z kontaktu piva s filtračním materiálem. To potvrzuje i Čejka *et al.* (2004), který uvádí, že k filtraci nejčastěji využívaná křemelina není k pivu zcela inertním materiálem, a tak může docházet k vyluhování některých látek v ní obsažených, zejm. pak právě železa, v pivu následně katalyzujícího oxidační reakce. Bylo též prokázáno, že obsah rozpuštěného železa roste s rostoucím podílem skutečného extraktu a že jeho množství celkově závisí na složení konkrétního piva.

Během prováděné sensorické analýzy nemohly být vždy zcela objektivně posuzovány dva z deskriptorů – pěna, omezeně také říz – a proto je zapotřebí brát tato hodnocení s určitou rezervou. Nevyhovující podmínky zapříčinily občasnou nižší životnost pěny, příp. téměř úplnou absenci pěny. Podle Lukáše Svobody, mistra světa v čepování, by pivo mělo být podávané ideálně v k tomu určeném, vymytém, vychlazeném a nejlépe ještě mokřím skle. Teplota podávaného piva by se měla, u českých ležáků či piv výčepních, tzn. u piv plzeňského typu, pohybovat mezi 5–7 °C (www.regiony.rozhlas.cz, Správná teplota piva je základ, říká mistr světa v jeho čepování). Pro naprostou věrohodnost výsledků by tak pro příště bylo lepší zajistit co nejlepší podmínky pro degustaci – zejm. hodící se sklenice a, což je ovšem při větším počtu degustátorů s rozdílným časovým harmonogramem poměrně náročné, změnit místo konání např. na to bezprostředně „pod komínem“.

Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo senzorické a analytické porovnání piv plzeňského typu různě postfermentačně (ne)upravených na základě jejich změn a proměn v průběhu času.

V praktické části byly po dobu deseti týdnů srovnávány celkem čtyři vzorky různé jak původem, tak technologickými úpravami – dva bez jakýchkoliv stabilizačních zásahů (jeden zrající v CKT, druhý přímo v láhvi), jeden pasterovaný a jeden filtrovaný. Vzorky byly v průběhu času analyzovány 2 způsoby – jednak přístrojem FermentoFlash a souběžně také senzoricky. Dle výsledků analýzy pomocí zmíněného přístroje bylo potvrzeno, že pasterace je, co se stálosti výchozích vlastností týče, skutečně nejúčinnější a zároveň bylo potvrzeno i ovlivnění senzorických vlastností – především hořkosti, která byla dle všech sedmi oslovených degustátorů doprovázená nasládlou chutí. Dále ze sledování vyplynulo, že i filtrace, ačkoliv méně než pasterace, zajišťuje relativní stálost parametrů – s ní jsou však spojena zase jiná rizika, jako např. lehce železitá chuť, vycházející z použitého filtračního média.

Seznam použité literatury

Bamforth, C. W. (2004). *Brewing; New technologies*. CRC Press, Boca Raton.
ISBN-13: 978-0-8493-9159-0.

Basařová, G., Psota, V., Šavel, J., Basař, P. et al. (2015). *Sladařství, Teorie a praxe výroby sladu*. 1. vydání. Havlíček Brain Team, Praha. ISBN 978-80-87109-47-2.

Basařová, G., Šavel, J., Basař, P., Lejsek, T. (2010). *Pivovarství, Teorie a praxe výroby piva*. 1. vydání. Vydavatelství VŠCHT, Praha. ISBN 978-80-7080-734-7.

Boekhout, T., Amend, A. S., El Baidouri, F. (2021). Trends in yeast diversity discovery. *Fungal Diversity*, 114:491–493.

Borowiec, P. a Titzlová, M. (2020). *Kniha o pivu*. 2. aktualizované vydání. Smart Press, s. r. o., Praha. ISBN 978-80-88244-14-1.

Braun, F., Back, W., Krottenthaler, M. (2009). Beer Filtration using Cellulose Fibres. *Brewing Science*, 62(3–4):33–34.

Briggs, D. E., Boulton Ch. A., Brookes, P. A., Stevens, R. (2004). *Brewing, Science and practice*. 1. vydání. Woodhead Publishing Limited, Abington, Cambridge, Velká Británie. ISBN 1 85573 906 2.

Cao, L., Zhou, G., Guo, P., Li, Y. (2011). Influence of Pasteurising Intensity on Beer Flavour Stability. *The Institute of Brewing & Distilling*, 117(4):587–592.

Čepička, J., Rychtera, M. et al. (1995, dotisk 1999). *Obecná potravinářská technologie*. 1. vydání. Vysoká škola chemicko-technologická, Praha.
ISBN 80-7080-239-1.

Černý, L., Vašák, J., Křováček, J., Hájek, M. (2007). *Jarní sladovnický ječmen, Pěstitelský rádce*. 1. vydání. Kurent, s. r. o., České Budějovice.
ISBN 978-80-87111-04-8.

Dienstbier, M., Janková, L., Sladký, P., Dostálek, P. (2010). Metody předpovědi koloidní stability piva. *Chemické listy*, 104:86–92.

DiSorbo, D a Christiansen, E. (2022). *The Book of Hops: A Craft Beer Lover's Guide to Hoppiness*. 1. vydání. Potter/Ten Speed/Harmony/Rodale, USA.
ISBN 9781984860040.

Dostálek, P., Kotlíková, B., Fiala, J., Jelínek, L., Černý, Z., Čásenský, B., Mikulka, J. (2011). Stabilizační prostředky pro zvýšení koloidní stability piva. *Kvasný průmysl*, 57(7–8):290–295.

Enevoldsen, B. S. (1984). Determining Pasteurization Units From Residual Melibiase Activity in Lager Beer. *ASBC (American Society of Brewing Chemists) Journal*, 43(4):183–189.

Eumann, M. a Schildbach, S. (2012). 125th Anniversary Review: Water sources and treatment in brewing. *Journal of the Institute of Brewing*, 118(1):12–21.

Fellows, P. J. (2009). *Food Processing Technology, Principles and Practice*. 3. vydání. CRC Press, Boston. ISBN 978-1-4398-0821-4.

Frančáková, H., Dráb, Š., Solgajová, M., Tóth, Ž., Bojňanská, T. (2013). Effect of kieselguhr filtration on optical properties of beer. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 2(1):2149–2157.

Goldammer, T. (2022). *The Brewer's Handbook*. 3. vydání. Apex Publishers, USA.
ISBN 979-8-88757-911-5.

Gómez-Muños, C., Garcí'a-Ortega, L. F., Montalvo-Arredondo, J. (2021). Long-insert clone experimental evidence for assembly improvement and chimeric chromosomes detection in an allopolyploid beer yeast. *G3: Genes, Genomes, Genetics*, 11(7):1–2.

Hasík, T. (2013). *Svět piva a piva svět*. 1. vydání. Grada, Praha.
ISBN 978-80-247-4648-7.

Hrabák, M. a Wunsch, J. (1998). Měření pasteračních jednotek při průtokové pasteraaci piva. *Kvasný průmysl*, 45(2):36–40.

Hutkins, R. W. (2019). *Microbiology and Technology of Fermented Foods*. 2. vydání. IFT Press, Hoboken, USA. ISBN 978-1-119-02744-7.

Chládek, L. (2007). *Pivovarnictví*. 1. vydání. Grada Publishing, Praha. ISBN 978-80-247-1616-9.

Janoušek, J., Basařová, G. (2002). Význam pojmu „pasterační jednotka“ v moderním pivovarství. *Kvasný průmysl*, 48(4):82–87.

Kadlec, P., Melzoch, K., Voldřich, M. (2013). *Procesy a zařízení v potravinářství a biotechnologiích*. 1. vydání. KEY Publishing, Ostrava. ISBN 978-80-7418-163-4.

Kadlec, P., Melzoch, K., Voldřich, M. (2012). *Přehled tradičních potravinářských výrob, Technologie potravin*. 1. vydání. KEY Publishing, Ostrava. ISBN 978-80-7418-145-0.

Kantelberg, B., Herrmann, H. (1992). Stav techniky šrotování a rmutování. *Kvasný průmysl*, 38(1):3–5.

Karatas, O., Topcam, H., Altin, O., Erdogdu, F. (2021). Computational study for microwave pasteurization of beer and hypothetical continuous flow system design. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 75:1–13.

Kotlíková, B., Jelínek, L., Karabín, M., Dostálek, P. (2013). Prekurzory a vznik koloidního zákalu piva. *Chemické listy*, 107:362–368.

Kozáková, V. a Kozák, V. (2013). *Změny v českém pivovarství na přelomu tisíciletí*. 1. vydání. VeRBuM, Zlín. ISBN 978-80-87500-45-3.

Lejsek, T., Ťopka, P. (1991). *Stroje a zařízení: Učební text pro učební obor biochemik – biochemička se zaměřením pro výrobu piva a sladu*. 1. vydání. Institut výchovy

a vzdělávání ministerstva Zemědělství České republiky, Praha; Plzeňské pivovary, Plzeň. ISBN 80-7105-003-2.

Martinek, V., Filip, P. (2012). *Mlynářská technologie, svazek 2; Skladování a příprava surovin*. 1. vydání. Svaz průmyslových mlýnů ČR, Praha. ISBN 978-80-239-9475-9.

Mieslerová, B., Sedlářová, M., Lebeda, A. (2016). *Houby a houbám podobné organismy v biotechnologiích*. 1. vydání. Univerzita Palackého, Olomouc. ISBN 978-80-244-4983-8.

Milani, E. A., Silva, F. V. M. (2022). Pasteurization of Beer by Non-Thermal Technologies, článek 798676. *Frontiers in Food Science and Technology*, 1:1–14.

Nesvadba, V., Krofta, K., Patzak, J. (2022). *Atlas českých odrůd chmele*. Chmelařský institut s. r. o., Žatec. ISBN 978-80-8636-60-7.

Nesvadba, Z., Leišová-Svobodová, L. (2019). Srovnání vybraných parametrů sladovnické jakosti v genofondu ozimého ječmene. *Obilnářské listy*, 27(3–4):62–67.

Novotný, P. (2017). *Pivařka: tajemství domácího pivovarství*. 1. vydání. Jota, Brno. ISBN 978-80-7565-108-2.

Novotný, P. et al. (2019). *Pivařka 2*. 1. vydání. Jota, Brno. ISBN 978-80-7565-555-4.

Olšovká, J., Čejka, P., Štěrbá, K., Slabý, M., Frantík, F. (2017). *Senzorická analýza piva*. 1. vydání. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a.s., Praha. ISBN 978-80-86576-74-9.

Otto, J. (1902). *Ottův slovník naučný: ilustrovaná encyklopedie obecných vědomostí*. 1. vydání, XIX. díl, str. 816–817. Jan Otto, Praha. ISBN 80-7185-274-0.

Prugar, J. et al., (2008). *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí*. 1. vydání. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Praha. ISBN 9788086576282.

Punčochářová, L., Pořízka, J., Diviš, P. (2018). Study of the influence of brewing water on selected quantitative beer indicators and on content of B vitamins.

In: *25th International PhD Students Conference for Undergraduate and Postgraduate Students (MendelNet 2018)*. Mendel University in Brno, Faculty of AgriSciences, Brno, 302–307.

Stewart, G. G., Russell, I., Anstruther, A. (2017). *Handbook of Brewing*. 3. vydání. CRC Press, Boca Raton. ISBN 978-1-4987-5191-9.

Šavel, J. (1984). Teorie pasterace piva a jiných nápojů. *Kvasný průmysl*, 30(4):78–80.

Šilhánková, L. (2002). *Mikrobiologie pro potravináře a biotechnology*. 3. vydání. Academia, Praha. ISBN 80-200-1024-6.

Šrogl, J., Ko-pecký, L. (1971). Obecná hlediska pasterace piva a způsoby její kontroly. *Kvasný průmysl*, 17(2):39–42.

Vaněk, R. (2015). *Jídlo, s. r. o.* 1. vydání. Prakul Production, s. r. o., Praha. ISBN 978-80-87737-20-0.

Večerníček, J. N. (2020). *Pivoznalství: aneb vše co byste o pivu chtěli a měli vědět*. 1. vydání. Olympia, Praha. ISBN 978-80-7376-612-2.

Vopelková, D. (2017). *Posouzení vlivu pasterizace a filtrace na obsah vybraných chemických složek piva*. Diplomová práce, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická.

White, Ch. a Zainasheff, J. (2010). *Yeast: The Practical Guide to Beer Fermentation*. 1. vydání. Brewers Publications, Boulder. ISBN 0-937-381-96-9.

Willaert, R. (2006). The Beer Brewing Process: Wort Production and Beer Fermentation. *Handbook of Food Products Manufacturing*, 442–488s., kapitola 20.

Yalçınçıray, Ö., Vural, N., Anlı, R. E. (2021). Effects of filtration and pasteurization process on bioactive phenolic compounds of beer. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(2):1–14.

Citace webových zdrojů

Akademie kvality. (2017). Tajemství výroby: Bernard. [online] YouTube. [01-03-2023].

Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=G3KPu2HrX9M>

Bernard. *Křemelinová a mikrobiální filtrace*. [online] [01-03-2023].

Dostupné z: <https://www.bernard.cz/cs/pivovar/vyroba-piva-bernard/filtrace>

Bílek Filtry. *Proč a v jakém případě filtrovat české pivo?* [online] [04-02-2023].

Dostupné z: <https://filtrace.com/clanky-a-odborne-texty/detail/189/proc-a-v-jakem-pripade-filtrovat-ceske-pivo/>

Bílek Filtry. *Trvanlivost piva a jeho stabilizace – ve vztahu k filtraci*.

[online] [04-02-2023]. Dostupné z: <https://filtrace.com/clanky-a-odborne-texty/detail/58/trvanlivost-piva-a-jeho-stabilizace-ve-vztahu-k-filtraci/>

Czech Brewery System. *Pasteurování piva*. [online] [04-02-2023].

Dostupné z: <https://www.czechminibreweries.com/cs/production/brewery-components/preparing-beer-for-sale/beer-pasteurization/>

Czech Brewery System. *Tunelová pasterizace piva*. [online] [04-02-2023].

Dostupné z: <https://www.czechminibreweries.com/cs/production/brewery-components/preparing-beer-for-sale/beer-pasteurization/tunnel/>

eAGRI, Zemědělství, (2021). *Žňové zpravodajství k 6. září 2021*. [online]

[19-02-2023]. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/web/mze/zemedelstvi/roslinna-vyroba/roslinne-komodity/obiloviny/prubeh-sklizne/sklizen-2021/znove-zpravodajstvi-k-6-zari-2021.html>

EU2022.CZ, (2022). *Pivo plzeňského typu: České tekuté zlato lidé piji více než 180 let.* [online] [05-02-2023].

Dostupné z: <https://czech-presidency.consilium.europa.eu/cs/aktuality/pivo-plzenskeho-typu-ceske-tekute-zlato-lide-piji-vice-nez-180-let/>

Funke Gerber. *FermentoFlash*. [online] [04-03-2023]. Dostupné z: <https://shop.funkegerber.de/en/devices/beer-analysis-device/227/fermentoflash>

Hobra.cz. *Filtrace piva/Hobra radí*. [online] [31-01-2023].

Dostupné z: https://www.hobra.cz/data/file/1/navod.list_a4_hobra-filtrace-piva_cz.pdf

ILABO, (2011–2023). *FermentoFlash – analyzátor piva*. [online] [04-03-2023].

Dostupné z: <https://www.ilabo.cz/produkty/laboratorni-pristroje/analyzator-piva/fermentoflash-analyzator-piva/>

Informační centrum bezpečnosti potravin, (2004). *Odolnost bakterií způsobujících kažení piva vůči chmelu*. [online] [03-02-2023].

Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/odolnost-bakterii-zpusobujicich-kazeni-piva-vuci-chmelu.aspxz>

Nickel, J. S. The Oxford Companion to Beer definition of filtration. [online] Beer&Brewing [04-02-2023].

Dostupné z: <https://beerandbrewing.com/dictionary/5MrUJTLOWe>

Nováková, J. *Správná teplota piva je základ, říká mistr světa v jeho čepování*. [online] Český rozhlas [27-03-2023]. Dostupné z: <https://regiony.rozhlas.cz/spravna-teplota-piva-je-zaklad-rika-mistr-sveta-v-jeho-cepovani-7418408>

Philliskirk, G. The Oxford Companion to Beer definition of pasteurization [online] Beer&Brewing [03-02-2023].

Dostupné z: <https://beerandbrewing.com/dictionary/edvVKFchSZ/>

Potravina a řemeslo. *Sládek*. [online] [30-01-2023].

Dostupné z: http://potravinaaremeslo.cz/?page_id=405

Rodinný pivovar BERNARD. *Výroba piva Bernard – Vaření piva*. [online] [31-01-2023].

Dostupné z: <https://www.bernard.cz/cs/pivovar/vyroba-piva-bernard/vareni-piva>

Smart Machine Technologies, (2020). *Tunnel Pasteurizers vs. Flash Pasteurization for Beer*. [online] [03-02-2023].

Dostupné z: <https://www.smartmachine.com/why-use-a-tunnel-pasteurizer-for-beer>

Urban, M. (2016). *Uvařte si s námi domácí pivo (3. díl): Od sladiny k mladině*. [online] Alkoholium.cz [02-02-2023]. Dostupné z: <https://www.alkoholium.cz/uvarte-si-s-nami-domaci-pivo-3-dil-od-sladiny-k-mladine/>

Vyhláška č. 248/2018 Sb. Vyhláška o požadavcích na nápoje, kvasný ocet a droždí.

In: *Sbírka zákonů* (2018). [online] [17-02-2023]

Dostupné také z: https://eagri.cz/public/web/mze/ministerstvo-zemedelstvi/legislativa/tematicke-prehledy-pravnich-predpisu-mze/_obsah_cz_mze_ministerstvo-zemedelstvi_legislativa_Legislativa-MZe_uplnazneni_vyhlaska-2018-248.html

Zámecký pivovar Břeclav. *Jak se vaří břeclavské pivo – Technologie vaření piva*. [online] [31-01-2023]. Dostupné z: <https://pivovarbrecrav.cz/technologie-vareni-piva>

TECHNOR, Technické normy ČSN, (2023). *4611 – Obiloviny, luštěniny*. [online] [19-02-2023]. Dostupné z: <https://www.technicke-normy-csn.cz/technicke-normy-csn/46-zemedelstvi/4611-obiloviny-lusteniny/#>

Seznam obrázků

Obr. 1.1: Nastínění návaznosti kroků při výrobě piva (www.prazdroj.cz, České pivo)	12
Obr. 1.2: Stupnice barev – EBC, SRM (www.pivoteka-tabor.cz, Pojmy na pivních etiketách)	23
Obr. 3.3: Technologie varny, Výzkumný a výukový minipivovar, varna, FZT JČU	25
Obr. 3.4: Prořezávání mláta kopačkou	26
Obr. 3.5: Lom mladiny	26
Obr. 3.6: Whirlpool	27
Obr. 3.7: Počáteční fáze kvašení	27
Obr. 3.8: Pasterace	28
Obr. 3.9: Analyzátor FermentoFlash	30

Seznam grafů

Graf 4.1: Naměřené hodnoty piva z CKT	31
Graf 4.2: Naměřené hodnoty piva zrajícího v láhvi	33
Graf 4.3: Naměřené hodnoty pasterovaného piva.....	35
Graf 4.4: Naměřené hodnoty piva Bernard	37
Graf 4.5: Srovnání výsledků všech vzorků (č. 1–4) – obsah alkoholu v % hm.	39
Graf 4.6: Srovnání výsledků všech vzorků (č. 1–4) – obsah alkoholu v % obj.	39
Graf 4.7: Srovnání výsledků všech vzorků (č. 1–4) – T_{ext} (%)	40
Graf 4.8: Srovnání výsledků všech vzorků (č. 1–4) – V_{ext} (%).....	40
Graf 4.9: Srovnání výsledků všech vzorků (č. 1–4) – EPM (%).....	41
Graf 4.10: Senzorická analýza 12° piva z CKT	44
Graf 4.11: Senzorická analýza 11° piva z láhve	44
Graf 4.12: Senzorická analýza 11° piva pasterovaného.....	45
Graf 4.13: Senzorická analýza 12° piva Bernard	45

Seznam tabulek

Tab. 4.1: Naměřené hodnoty piva z CKT – FermentoFlash	32
Tab. 4.2: Naměřené hodnoty piva zrajícího v láhvi – FermentoFlash	34
Tab. 4.3: Naměřené hodnoty piva pasterovaného – FermentoFlash	36
Tab. 4.4: Naměřené hodnoty piva Bernard – FermentoFlash	38

Seznam příloh

Příloha č. 1: Sensorická analýza 1. až 5. týden (pivo z CKT)	I
Příloha č. 2: Sensorická analýza 6. až 10. týden (pivo z CKT)	I
Příloha č. 3: Sensorická analýza 1. až 5. týden (pivo zrající v láhvi)	II
Příloha č. 4: Sensorická analýza 6. až 10. týden (pivo zrající v láhvi)	II
Příloha č. 5: Sensorická analýza 1. až 5. týden (pivo pasterované)	III
Příloha č. 6: Sensorická analýza 6. až 10. týden (pivo pasterované)	IV
Příloha č. 7: Sensorická analýza 1. až 5. týden (pivo Bernard)	IV
Příloha č. 8: Sensorická analýza 6. až 10. týden (pivo Bernard)	V
Příloha č. 9: Varní list	VI

Seznam použitých zkratk

ABV = Alcohol by volume, objemové procento alkoholu

CKT = cylindrokónický tank

ČSN (46 1100-5) = česká technická norma

EA(-4/09) = European co-operation for Accreditation, Evropská spolupráce v oblasti akreditace

EBC = European Brewery Convention, evropská jednotka barvy piva

EPM = Extrakt původní mladiny; obsah rozpuštěných cukrů v mladině – stupňovitost

FZT JČU = Fakulta zemědělská a technologická Jihočeské univerzity

L. lindneri = *Lactobacillus*

Hordeum vulgare L., *Humulus lupulus* L. = *Linnaeus*; druhy popsány Carlem Linné

OG = Original gravity, původní hustota

P. frisingensis = *Pectinatus*

PU = Pasteurization Unit, pasterační jednotka

S. carlsbergensis, *S. uvarum* = kvasinky rodu *Saccharomyces*

SRM = Standardní referenční metoda, barva piva (*čím vyšší číslo, tím tmavší pivo*)

USJ = ukazatele sladovnice jakosti

ŽPČ = Žatecký poloraný červeňák

% hm. = hmotnostní procenta

% obj. = objemová procenta

Přílohy

Příloha č. 1: Senzorická analýza 1. až 5. týden (pivo z CKT)

Degustátor	Barva	Čírost	Pěna	Vůně	Říz	Plnost	Hořkost	Vyváženost	Pitelnost
Degustátor č. 1	5, 2, 3, 2, 2	8, 4, 4, 4, 4	4, 3, 3, 3, 4	3, 3, 3, 3, 3	9, 5, 5, 3, 3	2, 3, 2, 2, 2	3, 3, 3, 2, 2	7, 5, 4, 3, 3	7, 4, 3, 3, 3
Degustátor č. 2	4, 3, 3, 2, 3	9, 6, 6, 5, 4	4, 3, 2, 3, 3	3, 3, 2, 4, 5	8, 5, 5, 4, 3	4, 3, 2, 2, 3	4, 5, 4, 3, 2	8, 4, 3, 3, 2	7, 5, 4, 2, 1

Příloha č. 2: Senzorická analýza 6. až 10. týden (pivo z CKT)

Degustátor	Barva	Čírost	Pěna	Vůně	Říz	Plnost	Hořkost	Vyváženost	Pitelnost
Degustátor č. 1	2, 2, 2, 2, 3	4, 4, 4, 3, 5	3, 4, 4, 3, 2	3, 3, 3, 3, 3	3, 3, 3, 2, 4	2, 2, 2, 1, 3	2, 2, 2, 2, 3	3, 3, 3, 3, 3	3, 3, 2, 2, 2
Degustátor č. 2	1, 1, 1, 2, 1	5, 4, 3, 2, 4	2, 3, 2, 2, 1	3, 2, 1, 1, 2	1, 2, 1, 1, 2	2, 3, 2, 1, 2	1, 2, 1, 1, 2	2, 2, 2, 2, 2	2, 3, 1, 1, 1

Příloha č. 3: Senzorická analýza 1. až 5. týden (pivo zrající v láhvi)

Degustátor	Barva	Čírost	Pěna	Vůně	Říz	Plnost	Hořkost	Vyváženost	Pitelnost
Degustátor č. 1	2, 2, 2, 2, 3	3, 5, 3, 3, 4	2, 4, 2, 3, 2	3, 4, 3, 2, 2	3, 3, 2, 2, 2	2, 2, 2, 3, 2	2, 3, 3, 2, 3	3, 4, 2, 2, 3	3, 3, 2, 2, 2
Degustátor č. 2	4, 4, 4, 3, 3	7, 6, 7, 6, 6	6, 6, 6, 5, 4	6, 5, 2, 3, 4	6, 5, 3, 3, 4	4, 4, 3, 3, 5	5, 5, 4, 4, 3	7, 5, 3, 2, 3	7, 5, 5, 4, 6
Degustátor č. 3	7, 6, 6, 7, 4	8, 7, 6, 7, 6	7, 5, 4, 3, 5	7, 6, 6, 4, 4	6, 5, 4, 6, 5	6, 5, 5, 5, 6	7, 6, 5, 5, 6	6, 6, 5, 3, 6	6, 5, 3, 3, 4
Degustátor č. 4	4, 4, 3, 4, 3	6, 5, 4, 4, 4	6, 4, 4, 4, 3	5, 3, 3, 4, 3	5, 5, 3, 4, 2	5, 3, 3, 2, 3	4, 3, 3, 2, 2	3, 4, 3, 2, 3	4, 3, 3, 3, 2
Degustátor č. 5	8, 7, 5, 3, 2	9, 9, 8, 9, 9	8, 9, 8, 8, 5	4, 4, 3, 3, 4	8, 6, 4, 7, 9	3, 2, 2, 3, 4	6, 6, 3, 5, 4	4, 2, 2, 3, 4	3, 3, 3, 2, 4
Degustátor č. 6	3, 4, 4, 3, 5	6, 7, 6, 6, 6	9, 7, 6, 8, 8	6, 5, 5, 4, 5	4, 3, 4, 4, 6	5, 4, 4, 2, 3	3, 2, 3, 2, 2	3, 4, 2, 3, 3	3, 3, 3, 2, 2
Degustátor č. 7	4, 3, 4, 4, 2	8, 9, 8, 8, 6	4, 5, 4, 2, 2	3, 4, 2, 1, 2	3, 3, 2, 1, 2	5, 4, 3, 3, 1	3, 2, 1, 1, 2	6, 4, 4, 3, 2	3, 2, 2, 1, 1

Příloha č. 4: Senzorická analýza 6. až 10. týden (pivo zrající v láhvi)

Degustátor	Barva	Čírost	Pěna	Vůně	Říz	Plnost	Hořkost	Vyváženost	Pitelnost
Degustátor č. 1	3, 2, 3, 3, 4	4, 5, 5, 4, 5	2, 3, 3, 3, 2	3, 3, 3, 3, 3	2, 3, 3, 3, 5	2, 2, 2, 1, 4	3, 4, 4, 3, 4	3, 3, 3, 3, 4	3, 3, 4, 3, 4
Degustátor č. 2	4, 2, 3, 3, 3	7, 8, 9, 8, 9	2, 1, 2, 2, 3	6, 6, 4, 7, 6	7, 7, 6, 5, 3	4, 3, 3, 4, 2	6, 7, 6, 3, 2	9, 8, 6, 5, 4	6, 4, 3, 4, 4
Degustátor č. 3	5, 6, 6, 6, 6	7, 7, 6, 7, 7	4, 5, 3, 5, 7	5, 2, 3, 6, 6	3, 4, 6, 4, 5	4, 5, 5, 5, 6	6, 5, 7, 4, 5	5, 2, 5, 5, 6	3, 3, 6, 4, 4

Degustátor č. 4	3, 3, 4, 3, 4	4, 4, 4, 3, 5	3, 2, 3, 4, 4	2, 2, 4, 1, 3	2, 2, 4, 2, 3	2, 3, 3, 2, 4	3, 3, 2, 3, 4	2, 2, 3, 2, 4	2, 2, 3, 1, 2
Degustátor č. 5	3, 9, 7, 6, 9	9, 8, 9, 9, 9	6, 5, 9, 8, 9	1, 4, 4, 3, 4	3, 4, 8, 4, 4	2, 2, 2, 3, 3	3, 4, 6, 3, 2	2, 3, 2, 2, 2	2, 3, 2, 2, 3
Degustátor č. 6	3, 3, 5, 4, 6	5, 5, 5, 5, 6	6, 5, 4, 5, 4	3, 1, 1, 1, 1	2, 3, 2, 3, 2	3, 5, 3, 1, 2	2, 2, 1, 1, 2	3, 4, 3, 4, 2	2, 3, 1, 1, 2
Degustátor č. 7	3, 2, 5, 4, 4	8, 9, 8, 7, 6	3, 1, 4, 3, 4	2, 2, 1, 2, 4	2, 1, 3, 3, 4	1, 2, 2, 1, 4	1, 1, 4, 3, 6	2, 2, 2, 3, 4	1, 2, 1, 3, 4

Příloha č. 5: Senzorická analýza 1. až 5. týden (pivo pasterované)

Degustátor	Barva	Čírost	Pěna	Vůně	Říz	Plnost	Hořkost	Vyváženost	Pitelnost
Degustátor č. 1	2, 2, 2, 2, 2	1, 5, 4, 3, 3	2, 2, 2, 3, 2	5, 3, 3, 4, 4	3, 4, 4, 3, 4	3, 1, 2, 2, 1	2, 2, 2, 2, 3	4, 3, 3, 3, 3	3, 3, 3, 4, 3
Degustátor č. 2	2, 2, 2, 1, 2	4, 4, 4, 3, 4	2, 2, 1, 2, 3	3, 3, 3, 3, 4	4, 4, 4, 5, 4	4, 3, 2, 3, 4	6, 6, 4, 4, 2	4, 3, 2, 4, 4	5, 4, 2, 2, 3
Degustátor č. 3	5, 6, 4, 5, 3	5, 5, 4, 5, 5	3, 4, 5, 5, 4	6, 6, 5, 6, 7	7, 5, 6, 9, 8	8, 7, 6, 8, 8	6, 6, 7, 8, 7	6, 4, 5, 5, 6	6, 5, 5, 6, 7
Degustátor č. 4	3, 3, 3, 2, 3	3, 2, 2, 2, 3	4, 4, 3, 3, 3	3, 3, 2, 2, 3	3, 4, 4, 4, 2	3, 2, 3, 1, 2	3, 2, 2, 3, 2	2, 2, 3, 3, 2	4, 2, 2, 3, 2
Degustátor č. 5	5, 3, 7, 3, 1	3, 8, 5, 3, 8	7, 8, 7, 8, 8	5, 4, 3, 5, 7	7, 8, 5, 6, 8	4, 3, 3, 2, 4	4, 5, 5, 3, 5	3, 5, 2, 2, 3	3, 3, 3, 6, 3
Degustátor č. 6	4, 4, 4, 3, 3	4, 5, 4, 4, 3	5, 3, 4, 4, 7	4, 3, 3, 2, 3	3, 4, 4, 3, 5	5, 4, 3, 3, 4	6, 7, 5, 6, 6	4, 4, 3, 3, 4	3, 3, 2, 2, 1
Degustátor č. 7	3, 3, 2, 4, 1	5, 7, 4, 4, 6	6, 7, 3, 4, 2	7, 4, 6, 3, 3	5, 5, 4, 2, 6	5, 3, 4, 4, 3	4, 5, 5, 4, 3	4, 5, 4, 4, 6	6, 6, 4, 4, 4

Příloha č. 6: Senzorická analýza 6. až 10. týden (pivo pasterované)

Degustátor	Barva	Čírost	Pěna	Vůně	Říz	Plnost	Hořkost	Vyváženost	Pitelnost
Degustátor č. 1	2, 2, 2, 2, 2	3, 3, 3, 4, 2	3, 3, 3, 3, 4	4, 4, 4, 3, 4	3, 4, 3, 4, 3	2, 3, 4, 4, 4	3, 3, 4, 4, 5	3, 4, 4, 4, 5	4, 4, 4, 4, 5
Degustátor č. 2	1, 1, 2, 1, 1	3, 2, 2, 1, 2	1, 1, 1, 2, 1	1, 3, 3, 3, 4	4, 4, 3, 6, 2	3, 4, 2, 3, 3	1, 2, 1, 6, 4	2, 4, 2, 3, 4	2, 4, 2, 3, 3
Degustátor č. 3	4, 5, 6, 5, 4	6, 6, 5, 4, 5	7, 3, 7, 5, 6	5, 4, 6, 3, 5	4, 7, 3, 7, 8	6, 5, 4, 6, 6	4, 6, 6, 7, 8	4, 6, 5, 6, 4	4, 5, 5, 6, 6
Degustátor č. 4	2, 2, 2, 2, 1	3, 3, 2, 2, 3	4, 4, 3, 3, 1	2, 2, 2, 3, 1	2, 4, 1, 3, 2	2, 2, 2, 3, 1	2, 2, 3, 2, 2	3, 3, 2, 2, 1	3, 4, 2, 2, 2
Degustátor č. 5	3, 7, 3, 5, 1	9, 5, 3, 9, 1	9, 9, 8, 9, 1	2, 4, 5, 3, 3	9, 8, 8, 9, 3	3, 2, 4, 5, 3	3, 3, 4, 5, 3	3, 2, 2, 5, 2	3, 3, 2, 6, 3
Degustátor č. 6	4, 2, 3, 4, 5	4, 4, 4, 4, 5	4, 6, 4, 6, 3	1, 3, 1, 1, 1	1, 3, 3, 3, 2	5, 3, 2, 3, 2	1, 2, 2, 3, 3	4, 3, 4, 2, 1	3, 1, 1, 1, 1
Degustátor č. 7	1, 4, 1, 3, 2	6, 7, 4, 5, 4	6, 7, 2, 2, 2	4, 4, 7, 4, 2	4, 5, 5, 3, 2	3, 4, 4, 4, 2	5, 3, 2, 2, 3	5, 4, 4, 3, 2	6, 4, 4, 4, 2

Příloha č. 7: Senzorická analýza 1. až 5. týden (pivo Bernard)

Degustátor	Barva	Čírost	Pěna	Vůně	Říz	Plnost	Hořkost	Vyváženost	Pitelnost
Degustátor č. 1	2, 3, 2, 3, 3	1, 1, 2, 1, 1	2, 4, 3, 3, 3	3, 6, 5, 3, 3	2, 2, 2, 3, 3	4, 3, 3, 3, 4	4, 5, 5, 5, 4	5, 6, 6, 5, 5	4, 5, 5, 4, 5
Degustátor č. 2	2, 3, 3, 3, 2	1, 1, 2, 1, 1	3, 1, 2, 1, 3	3, 4, 3, 4, 3	4, 5, 5, 4, 6	5, 4, 6, 5, 5	4, 5, 3, 4, 5	5, 6, 8, 6, 6	5, 5, 3, 4, 3
Degustátor č. 3	4, 5, 4, 4, 7	1, 2, 3, 2, 2	4, 5, 5, 8, 3	6, 7, 7, 6, 6	8, 8, 6, 8, 4	5, 5, 6, 3, 6	8, 6, 7, 5, 7	5, 8, 6, 4, 5	8, 8, 7, 7, 7

Degustátor č. 4	1, 1, 1, 1, 2	1, 1, 2, 1, 2	2, 4, 4, 3, 3	2, 2, 2, 2, 2	2, 2, 2, 2, 2	2, 2, 2, 2, 2	2, 3, 2, 2, 3	2, 3, 3, 2, 3	2, 3, 3, 3, 3
Degustátor č. 5	3, 4, 3, 2, 3	2, 2, 3, 2, 5	8, 9, 8, 6, 7	3, 4, 3, 4, 4	4, 4, 5, 6, 3	5, 6, 6, 4, 5	4, 5, 6, 4, 5	4, 5, 3, 5, 6	6, 8, 6, 5, 6
Degustátor č. 6	1, 2, 1, 1, 2	2, 1, 2, 1, 1	3, 3, 2, 4, 5	3, 2, 1, 3, 4	3, 3, 2, 3, 4	3, 2, 3, 4, 3	4, 5, 4, 3, 2	3, 4, 2, 2, 2	5, 5, 4, 3, 3
Degustátor č. 7	7, 6, 5, 7, 3	2, 1, 1, 2, 1	8, 9, 7, 5, 7	9, 7, 6, 4, 5	7, 7, 7, 7, 8	6, 6, 6, 6, 7	7, 6, 3, 7, 8	6, 6, 5, 4, 8	6, 6, 6, 6, 8

Příloha č. 8: Senzorická analýza 6. až 10. týden (pivo Bernard)

Degustátor	Barva	Čírost	Pěna	Vůně	Říz	Plnost	Hořkost	Vyváženost	Pitelnost
Degustátor č. 1	2, 3, 2, 3, 3	1, 1, 2, 1, 1	2, 4, 3, 3, 3	3, 6, 5, 3, 3	2, 2, 2, 3, 3	4, 3, 3, 3, 4	4, 5, 5, 5, 4	5, 6, 6, 5, 5	4, 5, 5, 4, 5
Degustátor č. 2	2, 3, 3, 3, 2	1, 1, 2, 1, 1	3, 1, 2, 1, 3	3, 4, 3, 4, 3	4, 5, 5, 4, 6	5, 4, 6, 5, 5	4, 5, 3, 4, 5	5, 6, 8, 6, 6	5, 5, 3, 4, 3
Degustátor č. 3	4, 5, 4, 4, 7	1, 2, 3, 2, 2	4, 5, 5, 8, 3	6, 7, 7, 6, 6	8, 8, 6, 8, 4	5, 5, 6, 3, 6	8, 6, 7, 5, 7	5, 8, 6, 4, 5	8, 8, 7, 7, 7
Degustátor č. 4	1, 1, 1, 1, 2	1, 1, 2, 1, 2	2, 4, 4, 3, 3	2, 2, 2, 2, 2	2, 2, 2, 2, 2	2, 2, 2, 2, 2	2, 3, 2, 2, 3	2, 3, 3, 2, 3	2, 3, 3, 3, 3
Degustátor č. 5	3, 4, 3, 2, 3	2, 2, 3, 2, 5	8, 9, 8, 6, 7	3, 4, 3, 4, 4	4, 4, 5, 6, 3	5, 6, 6, 4, 5	4, 5, 6, 4, 5	4, 5, 3, 5, 6	6, 8, 6, 5, 6
Degustátor č. 6	1, 2, 1, 1, 2	2, 1, 2, 1, 1	3, 3, 2, 4, 5	3, 2, 1, 3, 4	3, 3, 2, 3, 4	3, 2, 3, 4, 3	4, 5, 4, 3, 2	3, 4, 2, 2, 2	5, 5, 4, 3, 3
Degustátor č. 7	7, 6, 5, 7, 3	2, 1, 1, 2, 1	8, 9, 7, 5, 7	9, 7, 6, 4, 5	7, 7, 7, 7, 8	6, 6, 6, 6, 7	7, 6, 3, 7, 8	6, 6, 5, 4, 8	6, 6, 6, 6, 8

Příloha č. 9: Varní list

Varní list – Pivovar										
Datum	Druh piva				Č.várky	rok				
12.10.2022	11% světlé		11%		524	2022				
Slad	hmotnost	kg		dodaný extrakt		šarže	Chmel	g	alfa	
Český	31,0		23,8	78,1 %						
Mnichov	3,00		2,4	77,6 %			Sládek	182	8,22	
Karamelový	0,60		0,4	72,1 %			ŽPČ	348	4,31	
							30 g alfy	15 + 15		
							30 mg/l	20% zisk		
Celkem	34,6	07:18	26,6							
Operace	Čas		°C	Objem v	%	Poznámka	dávka			
	od	do	min.	kád'	pánev	litrech	hm.	chmel		
Voda na vystírku	07:00	07:10	00:05			130,0				
Vystírka 52 °C	07:10	07:20	00:05	53,6		161,0				
Prodleva 30 min.	07:20	07:50	00:30							
Ohřev na 62,5 °C	07:50	08:03	00:13	62,2						
Prodleva 20 min.	08:03	08:23	00:20							
Ohřev na 65,5 °C (60%)	08:23	08:30	00:07							
Čerpání na SK	08:30	08:30	00:00	61,0		80,0				
1.rmut na kotel	08:30	08:30	00:00			78,0				
Ohřev na 72,5 °C (60%)	08:30	08:34	00:04	72,9						
Prodleva 10 min.	08:34	08:44	00:10					z cukř. – ok		
Do varu	08:44	09:17	00:33							
Var 20 min	09:17	09:37	00:20							
Odrmutováno	09:37	09:54	00:17	74,0		164,0		odrmutováno		
Odpočinek 20 min.	09:54	10:14	00:20							
Podrážení	10:14	10:20	00:06					Podrážení		
	10:20	11:00	00:40			104,0	16,10 %	Z cukř. zk..	OK	
1.chmel								Sládek	61	g
1.výstřelek	11:00	11:18	00:18		30,0	146,0				
2.výstřelek	11:18	11:37	00:19		24,0	172,0				
3.Výstřelek	11:37	11:51	00:14		28,0	200,0				
Poslední	11:51	12:04	00:13		30,0	231,0		konc. %		
Pohromadě	12:04	12:04	00:11			231,0				
Do varu	12:04	12:25	00:21					Start var		
2.chmel	12:35		00:10					Sládek	121	g
3.chmel	13:10		00:45					žpč	174	g
4.chmel	13:40		01:15					žpč	174	g
Dovařeno	13:55		01:30			218,0	11,65 %			
Čerpání na viřivou kád'	13:55	14:02	0:07							
Odpočinek 20 min.	14:02	14:22	00:20							
Spílání	14:22	15:02	00:40	7,4						
Várku provedl sládek: Libor Smutek				Doba rmutování			02:37	Dodaný	extrakt	26,6
				Doba scezování			02:34	Získaný	extrakt	25,4
				Celkový čas várky			08:02	Výtěžek		95,5
								Ztráta		4,5
							Celkem		100,0	

<i>Hlavní kvašení v.</i>		<i>ztráty</i>		<i>č. Kád'/t+E55:F57</i>
<i>Horká mladina/studena 20C</i>	8,7	209,3	4,0%	
<i>Varna/spilka</i>	11,0	198,3	5,0%	
<i>Spilka/ležácky sklep</i>	6,0	192,3	2,8%	
<i>Stočeno sudy</i>	6,0	186,3	2,8%	
<i>Stočeno láhve</i>				
<i>Celkem</i>	31,7	186,3	14,6%	