

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Kvalita zemědělských produktů

Katedra: potravinářských biotechnologií a kvality zemědělských produktů

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

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Sledování změny vybraných ukazatelů v průběhu
zrání piva**

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Pavel Smetana, Ph.D.

Konzultant diplomové práce: Dr. Ing. Jaromír Kadlec

Autor diplomové práce: Bc. Jan Novák

České Budějovice, 2020

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Zemědělská fakulta
Akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jan NOVÁK**
Osobní číslo: **Z17048**
Studijní program: **N4101 Zemědělské inženýrství**
Studijní obor: **Kvalita zemědělských produktů**
Název tématu: **Sledování změny vybraných ukazatelů v průběhu zrání piva**
Zadávající katedra: **Katedra potravní biotechnologií a kvality zemědělských produktů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce je sledovat průběh vybraných ukazatelů (např. obsah alkoholu, extrakt, zdánlivý extrakt, hustota apod.) různých druhů a typů piv z minipivovaru v průběhu zrání a při jeho skladování. Finální hodnoty porovnat s odpovídajícími typy a druhy piv prodávanými v tržní síti v České republice.

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

Úvod - charakteristika a význam řešené problematiky

Literární přehled - současný stav poznání dané problematiky získaný studiem soudobé vědecké a odborné literatury

Cíl práce

Materiál a metodika

Výsledky a diskuze - tabulky, grafy, diskuze s literárními zdroji

Závěr - stručné shrnutí výsledků vlastní práce vyplývající z řešené problematiky

Seznam literatury - jednotný, podle platných citačních zásad

Rozsah grafických prací: tabulky a grafy dle potřeby

Rozsah pracovní zprávy: 35-50 stran textu

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

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

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Pavel Smetana, Ph.D.**


Katedra potrav. biotechnologií a kvality zemědělských produktů

Konzultant diplomové práce: **Dr. Ing. Jaromír Kadlec**


Katedra potrav. biotechnologií a kvality zemědělských produktů

Datum zadání diplomové práce: **6. března 2018**

Termín odevzdání diplomové práce: **15. dubna 2019**


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

JIHOČESKÁ UNIVERZITA 
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Budejovická 1668, 370 05 Česká Budějovice


Ing. Pavel Smetana, Ph.D.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 6. března 2018

PROHLÁŠENÍ

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

V Českých Budějovicích dne 30. 6. 2020

.....

Bc. Jan Novák

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych tímto poděkoval vedoucímu bakalářské práce, panu Ing. Pavlu Smetanovi, Ph.D. za komplexní rady při konzultacích, za odbornou pomoc a za veškerý čas, který mi věnoval při zpracovávání diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Liboru Smutkovi za odbornou konzultaci zpracovávané problematiky v provozních podmínkách fakultního minipivovaru. Děkuji též pracovníkům pivovaru Litovel, a.s., zejména Karlu Nevřalovi za pomoc a odborné rady. Děkuji též své rodině a blízkým za morální i hmotnou podporu během mého studia.

ABSTRAKT

Cílem této práce bylo sledovat změny vybraných ukazatelů (obsah alkoholu, skutečný extrakt, zdánlivý extrakt, extrakt původní mladiny) různých druhů pív z minipivovaru v průběhu zrání. Finální hodnoty porovnat s odpovídajícími druhy pív prodávanými v tržní síti v České republice.

Jednotlivé jakostní parametry charakterizující průběh zrání byly zkoumány chemickou analýzou. Ta byla v případě vzorků z Minipivovaru Zemědělské fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích provedena pomocí automatického analyzátoru FermentoFlash (Funke-Dr.N. Gerber Labortechnik GmbH, Německo). Vzorky z pivovaru Litovel, a.s. byly analyzovány pomocí automatického analyzátoru Alcoalyzer beer ME (ANTON PAAR, Rakousko). Vzorky byly shromážděny v průběhu roku 2019. Celkem bylo chemické analýze podrobena 93 vzorků ($n = 93$) z minipivovaru, 24 ($n = 24$) vzorků z pivovaru Litovel, a.s., které byly porovnány se čtyřmi ($n = 4$) vzorky pív z tržní sítě.

K zásadním změnám sledovaných jakostních parametrů vzorků z minipivovaru docházelo v průběhu bouřlivého kvašení. Naopak v průběhu zrání piva již docházelo jen k malým změnám. Jediný sledovaný parametr, který nebyl ze statistického hlediska ($P = 0,0965$) významně ovlivněn fází zrání byl extrakt původní mladiny.

Při porovnání jednotlivých vzorků pív v závislosti na jejich stupňovitosti dosahovaly nejvyššího stupně prokvašení vzorky pív z pivovaru Litovel, a.s. („Litovel Premium 12°“ – 68,54 %, „Litovel Gustav 13°“ – 66,49 %). Tyto vzorky měly v daných kategoriích i nejvyšší množství alkoholu. Všechny vzorky vyhovovaly parametrům Vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 248/2018 Sb. definující chemické a fyzikální požadavky na jakost piva. Mezi jednotlivými vzorky s různým původem však byly patrné rozdíly ve všech sledovaných jakostních parametrech. To je způsobeno rozdílnými podmínkami v průběhu zrání piva, které jsou tedy specifické v rámci jednotlivých výrobních.

Klíčová slova: pivo, chemická analýza, technologie, minipivovar, kvašení, zrání, jakost, porovnání

SUMMARY

The aim of this diploma thesis was to monitor changes in selected indicators (alcohol content, real extract, apparent extract, extract of the original wort) of different types of beer from a microbrewery during the beer maturation. Compare the final values with the corresponding types of beers sold in the market network in the Czech Republic.

Individual quality parameters characterizing the course of beer maturation were examined by chemical analysis. In the case of samples from the Mini Brewery of the Faculty of Agriculture of the University of South Bohemia in České Budějovice, this was performed using an automatic FermentoFlash analyzer (Funke-Dr.N. Gerber Labortechnik GmbH, Germany). Samples from the brewery Litovel, a.s. were analyzed using an automatic analyzer Alcozyler beer ME (ANTON PAAR, Austria). Samples were collected during 2019. A total of 93 samples ($n = 93$) from the microbrewery, 24 ($n = 24$) samples from the brewery Litovel, a.s. were subjected to chemical analysis, which were compared with four ($n = 4$) samples of beers from the market networks.

Significant changes in the monitored quality parameters of samples from the microbrewery occurred during the main fermentation. On the contrary, only small changes took place during the maturation of the beer. The only monitored parameter that was not statistically significantly ($P = 0.0965$) meaningfully affected by the maturation phase was the extract of the original wort.

When comparing individual beer samples depending on their amount of the original wort, the highest degree of fermentation was achieved by beer samples from the Litovel, a.s. („Litovel Premium 12 °“ - 68.54 %, „Litovel Gustav 13 °“ - 66.49 %). These samples also had the highest amount of alcohol. All samples complied with the parameters of the Decree of the Ministry of Agriculture No. 248/2018 Coll. defining chemical and physical requirements for beer quality. However, differences in all monitored quality parameters were evident between individual samples with different origins. This is due to the different conditions during the maturation of the beer, which are therefore specific to the individual production.

Key words: beer, chemical analysis, technology, microbrewery, fermentation, maturation, quality, comparison

OBSAH

ABSTRAKT

1.	ÚVOD	10
2.	CÍL PRÁCE	11
3.	LITERÁRNÍ PŘEHLED.....	12
3.1	Suroviny pro výrobu piva.....	12
3.1.1	Voda	12
3.1.2	Ječmen, slad	13
3.1.3	Chmel	15
3.1.4	Pivovarské kvasinky.....	16
3.2	Klasická technologie výroby piva	18
3.2.1	Technologické postupy výroby	18
3.3	Rozdělení pivovarů podle velikosti.....	22
3.4	Výroba piva v minipivovarech	25
3.4.1	Legislativní úprava.....	25
3.4.2	Vybraná specifika minipivovarských technologií.....	26
3.5	Zrání piva	27
3.5.1	Faktory ovlivňující zrání	28
3.6	Vybrané ukazatele průběhu zrání piva	28
3.6.1	Stanovení alkoholu, extraktu, zdánlivého extraktu a extraktu původní mladiny (EPM)	29
3.7	Sortiment piva	30
3.8	Minipivovar ZF JU.....	31
3.9	Pivovar Litovel, a.s.....	33
3.10	Stav pivovarského trhu v České republice	34
4.	MATERIÁL A METODIKA	35
4.1	Zpracování vzorků z Minipivovaru ZF JU.....	35
4.1.1	Charakteristika vzorků	35
4.1.2	Sběr dat.....	35
4.2	Zpracování vzorků z pivovaru Litovel, a.s.	38
4.2.1	Charakteristika vzorků	38
4.2.2	Sběr dat.....	38
4.3	Zpracování vzorků z tržní sítě	39
4.4	Statistické zpracování dat	40
5.	VÝSLEDKY A DISKUZE	41
5.1	Změny vybraných jakostních parametrů piva v průběhu zrání	41

5.1.1	Jakostní parametry piv z Minipivovaru ZF JU.....	41
5.1.2	Jakostní parametry piv z pivovaru Litovel, a.s.....	56
5.1.3	Jakostní parametry piv z tržní sítě.....	58
5.2 zrání	Vyhodnocení jakostních parametrů v závislosti na druhu piva a stadiu	59
5.3	Porovnání jakostních parametrů sledovaných vzorků piv.....	62
6.	ZÁVĚR	65
7.	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	66
8.	SEZNAM OBRÁZKŮ	71
9.	SEZNAM TABULEK A GRAFŮ	72

1. ÚVOD

Pivo je všeobecně nejprodávanějším alkoholickým nápojem. Technologie jeho výroby má velice dlouhou tradici, přesto tento obor patří mezi stálice vědeckého výzkumu. V tuzemských podmínkách představuje pivovarnictví jistou formu nehmotného kulturního dědictví. Tradiční postupy výroby piva aplikované již stovky let zůstávají i přes využívání moderních technologií a vybavení prakticky nezměněny. Specifická kombinace tradic, řemeslnosti, vhodných podmínek pro pěstování surovin, pro výrobu piva, výzkumná aktivita a v neposlední řadě i patriční hrdost a vášně pivovarníků dělá z České republiky absolutní světovou špičku v tomto odvětví.

Svébytným odvětvím pivovarství je vaření piva v minipivovarech. K jejich rozvoji přispěla změna politického režimu a s tím související společenské, ekonomické a právní podmínky ve společnosti. V současné době existuje na našem území více než 500 pivovarů s výstavem do 10000 hl piva ročně. Tyto pivovary se na celkovém výstavu u nás podílí necelými 2,5 %, přesto představují významnou tržní sílu zejména z hlediska pestrosti produkce, která je mezi konzumenty stále více vyhledávaná.

Perspektivní platformou pro vědeckou sféru je provoz univerzitních minipivovarů. Náplní jejich činnosti je především práce na poli výzkumu a výuky, ve které zastávají nezastupitelnou roli. Jedním takovým je i Minipivovar Zemědělské fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, který byl založen v roce 2016.

Zeměpisná oblast Hané disponuje ideálními podmínkami pro pěstování sladovnického ječmene špičkové kvality, stejně tak i velice kvalitního chmele. Logickým vyústěním historicky byla potřeba dané suroviny zpracovávat v nově vznikajících pivovarech. Jedním takovým je i pivovar Litovel, a.s., který má bohatou historii a dodnes zachovává tradiční postupy výroby piva, které je právem uznáváno pro svoji výjimečnou kvalitu nejen u nás, ale v celosvětovém měřítku.

2. CÍL PRÁCE

Cílem práce je sledovat průběh změny vybraných ukazatelů (např. obsah alkoholu, extrakt, zdánlivý extrakt, extrakt původní mladiny) různých druhů pív z minipivovaru v průběhu zrání. Finální hodnoty porovnat s odpovídajícími druhy pív prodávanými v tržní síti v České republice.

3. LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Suroviny pro výrobu piva

Pivem rozumíme slabě alkoholický nápoj, jež je po staletí vyráběn ze tří základních surovin – z obilných sladů, vody a chmele. Působením specifických mikroorganismů – pivovarských kvasinek *Sacharomyces cerevisiae* (Meyen ex E.C. Hansen, 1883) dochází k jeho fermentaci. Slad je naklíčená a usušená obilovina za specifických podmínek (Basařová, 2010). Právě výroba sladu za účelem pivovarského zpracování je jednou z nejstarších cílevědomých činností člověka v potravinářském průmyslu (Basařová, 2015).

Kolébku piva se zpravidla uvažuje oblast tzv. úrodného půlměsíce čili Mezopotámie. V tuzemských podmínkách mají zásadní suroviny pro pivovarský průmysl, tj. ječmen a chmel, téměř ideální podmínky pro svůj růst (Basařová, 2015).

Kvalita použitých surovin značně ovlivňuje proces výroby piva a v konečném důsledku definuje organoleptické vlastnosti finálního produktu. Jakostní ukazatele jednotlivých surovin jsou pravidelně kontrolovány. Kontroly jsou zaštiťovány kompetentními orgány, v čele s Ústředním a kontrolním ústavem zemědělským (ÚKZÚS). Jakost rostlinných produktů vstupujících do výroby je ovlivněna jejich producenty, zpracovatelským průmyslem, potažmo obchodními řetězci. Především v případě sladu a chmele je cesta až do pivovaru mnohdy velmi dlouhá a surovina může podléhat nežádoucím degradabilním procesům na úkor její kvality (Prugar, 2008).

3.1.1 Voda

Z hlediska spotřeby vody se pivovarnictví řadí mezi obory potravinářského průmyslu, které mají vysokou spotřebu vody, a tedy i sofistikované vodní hospodářství. Uvádí se, že na výrobu jednoho litru finálního produktu, je zapotřebí až osmi litrů vody (Eliášek, 2017). Jeho optimalizace je jednou z podmínek efektivního řízení výroby. V současnosti je užíváno řady moderních postupů úpravy vod a spolu se zvyšující se kapacitou pivovarů jsou též zpřísnovány požadavky na vlastnosti vod, které jsou uvolňovány z provozu zpět do prostředí přírody (Basařová, Hlaváček, 1999).

Podle účelu, ke kterému je voda v pivovaru použita, ji lze rozdělit do tří základních skupin:

- voda varní,
- voda provozní,
- voda mycí a sterilační.

Všechny skupiny vod, zejména voda sterilační, musí být prostá všech mikroorganismů, chemických kontaminantů a nesmí nijak zapáchat (Moll, 1994).

Varní voda jest základní surovinou při přípravě piva, neboť tvoří 75 – 80 % hmotnosti dle druhu výrobku. Je nezbytné, aby tato voda plnila svými vlastnostmi požadavky na vodu pitnou, zejména z hlediska hygienické a zdravotní nezávadnosti. Fyzikálně-chemické a biologické vlastnosti potom charakterizují specifické vlastnosti určitých značek piva. Z vod přírodních jsou v pivovaru používány vody spodní a povrchové. Povrchové vody z vlastní podstaty nebývají z hlediska čistoty příliš vhodné, jelikož jejich úprava vyžaduje větší nároky než úprava vod spodních. Ty potom bývají zpravidla čerpány ze studní nebo vrtů (Dostálová, 2014; Basařová et al, 2010).

Za základní parametr při posuzování jakosti vody bývá označován obsah rozpuštěných solí neboli tvrdost vody. Tento ukazatel představuje základní kritérium pro posuzování vhodnosti vody z hlediska technologických aplikací. Dle tvrdosti vody potom definujeme Plzeňskou vodu, která je měkká a její užití je vhodné pro silně chmelená spodně kvašená piva. Mnichovská voda je střední až tvrdá, Dortmundská voda zase velmi tvrdá. Vídeňská voda je taktéž tvrdá a je vhodná pro výrobu piv s přechodem mezi světlými a tmavými. Speciální je potom voda Burton on Trent. Jedná se o velmi tvrdou vodu s vysokým obsahem síranů. Taková voda je vhodná pro výrobu svrchně kvašených, vysoce chmelených piv typu Ale. Proces úpravy síranů v pivovarské vodě označujeme jako burtonizaci (Basařová et. al., 2010; Moll, 1994).

3.1.2 Ječmen, slad

Ječmen

Z historického hlediska byla běžnou výrobou sladů z pšenice seté (*Triticum aestivum* L., lipnicovité, *Poaceae*). Takové slady dávaly vzniknout svrchně kvašeným, tzv. bílým pivům. Od 18. století převládá výroba sladů z ječmene setého (*Hordeum vulgare*, L., lipnicovité, *Poaceae*). V současné době se na našem území využívají pro výrobu piv klasickou technologií ječné slady vyrobené ze sladovnických kultivarů ječmene dvouřadého níčí (*Hordeum distichum* var. *nutans*). Obilky jsou pluchaté, zakončené osinou. Lichoklas při zrání háčkuje, tj. ohýbá se. (Basařová,

2015). Odrůdy sladovnického ječmene na základě technologických zkoušek řadíme do tří skupin:

- výběrová,
- standardní,
- nestandardní.

Ječmen pěstovaný pro účely pivovarského průmyslu se zpravidla pěstuje v nížinatých oblastech s kvalitní ornou půdou. Nejznámější oblastí, kde jsou historicky pěstovány odrůdy, které patří k nejkvalitnějším na světě, je oblast Hané. (Basařová, 2015, Čepička et al., 1995).

Zrno ječmene je středobodem zájmu sladařského průmyslu. To se skládá z obalových částí (pluchy a plušky), zárodků (klíčku a embrya) a endospermu. Každá z částí obilky hraje poté v procesu tvorby sladu svoji specifickou funkci (Basařová et al., 2010; Čepička et al., 1995).

Slad

Potravinářské odvětví nazývané jako sladařství je v rámci pivovarnictví svébytnou činností, která má na výslednou jakost piva zcela zásadní vliv. Slad se vyrábí v několika navazujících technologických postupech z vody a ječmene, případně z jiné obiloviny. Jednotlivé druhy sladů mající své typické vlastnosti jsou připravovány pomocí úprav technologie máčení a klíčení ječmene. Tím je dosaženo regulace biosyntézy a aktivity sladových enzymů, které hrají nejen během procesu výroby sladu zcela zásadní roli. Enzymy zapříčiňují degradaci vysokomolekulárních látek, zejména škrobu, také mění redoxní potenciál a aciditu sladu. Další determinanty, jako je obsah aromatických sloučenin či barva sladu, se ovlivňuje zejména při tzv. hvozdnění sladu (Kadlec et al., 2002; Basařová, 2015).

Pro udržení organoleptických vlastností piva a jeho celkové jakostní a technologické stability, se pro jeho výrobu používají takové partie sladu, které jsou připraveny z jedné odrůdy ječmene, případně z dvojice geneticky podobných odrůd (Kadlec et al., 2002; Basařová, 2015; Basařová et al., 2010).

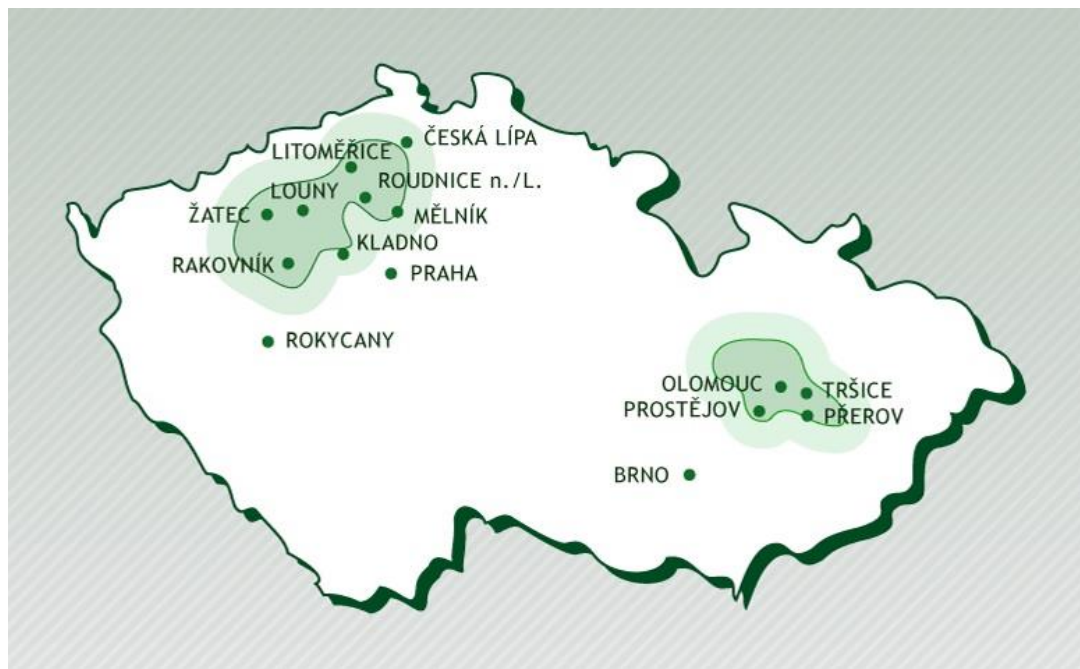
V základu rozeznáváme dvojici základních typů vyráběných sladů, a sice světlé **slady typu plzeňského**, které jsou používány pro výrobu piv světlých, a tmavé **slady typu mnichovského** pro piva tmavá. Další doplňkové typy sladů se používají za účelem zvýraznění vybraných kvalitativních vlastností typů světlých a tmavých piv (barva, chuť piva). Mezi speciální slady řadíme například:

- karamelové slady,
- diastatické slady,
- barvicí slady,
- nakuřované slady atp. (Basařová, 2015).

3.1.3 Chmel

Česká republika patří v globálním měřítku k předním producentům chmele. V současnosti se chmel na našem území pěstuje ve třech lokalitách – Žatecko, Ústěcko a Tršicko. Nejvíce pěstovanou odrůdou je **Žatecký poloraný červeňák**. Patří do skupiny jemných aromatických chmelů. Jedná se o světově nejuznávanější aromatický chmel. Vyniká výjimečnou kvalitou a harmonickou vůní, pivu dodává nezaměnitelné aroma. Vyjma Žateckého poloraného červeňáku se v tuzemsku od poloviny 90. let pěstují i jiné odrůdy. Jmenovitě například Sládek, Premiant, Harmonie, Bohemie a další (Svaz pěstitelů chmele České republiky, 2017).

Obrázek 1: Mapa oblastí pěstování chmele na území ČR



Zdroj: http://www.czshops.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=55&Itemid=54&lan%20g=cs

Světový trh chmele je pod vlivem požadavků pivovarů polarizován na dvě skupiny. První skupinou je skupina aromatických chmelů, jejímž charakteristickým znakem je čisté, harmonické chmelové aroma. Druhou skupinou jsou tzv. hořké chmele s vysokým obsahem hořkých kyselin. Ve skupině aromatických chmelů je dominantní výše zmíněná odrůda Žatecký poloraný červeňák. Chmelové pryskyřice

a silice typické pro tuto odrůdu jsou považovány za jeho nejcennější složky a udávají světový standard. Právě pryskyřice dávají chmelu, potažmo pivu typickou hořkost. Nejdůležitější z pryskyřic jsou alfa-hořké kyseliny, zodpovědnost za hořkou chuť potom nesou izomerační produkty těchto kyselin. Chmelové silice naopak definují aroma piva. Jsou to látky především terpenického charakteru. Přibližně tři čtvrtiny silic představují uhlovodíky, mezi nejznámější představitele patří myrcen, humulen, karyofylen a farnesen. (Svaz pěstitelů chmele České republiky, 2017).

Podle Nesvadby (2002) vyžaduje světové pivovarnictví tyto formy úprav a jim odpovídající kvalitativní skupiny chmelů:

a) Chmelový extrakt – jedná se o výtažek a koncentrát z chmelových hlávek. Požadované látky, zejména alfa-hořké kyseliny se z chmelových hlávek extrahují extrakčním činidlem (alkohol, CO₂).

b) Mletý chmel upravený do granulí – jedná se o granulované koncentráty zbavené balastních látek chmelových hlávek. Tyto formy jsou nedotčeny chemickou úpravou, neboť jsou jemně mlety, díky čemuž jednotlivé složky do piva snadno difundují. Tyto formy vynikají dlouhou dobou skladovatelnosti. Zejména tento argument je hlavním důvodem, proč je tato forma nejběžněji používána.

c) Hlávková forma – tradiční forma, v současnosti již jen zřídka používaná. Zejména v málo modernizovaných pivovarech, nebo tam, kde zůstávají věrni tradičnímu postupu, i přes ekonomickou náročnost (Nesvadba, 2020).

3.1.4 Pivovarské kvasinky

V případě kvasinek se nejedná o surovinu v pravém slova smyslu, neboť se jedná o živý organismus, díky kterému je možné uskutečnit proces kvašení. Kvasinky hrají hlavní roli při prokvašení mladiny. Modifikují tím zvláště chemické složení mladiny, ve které se tvoří ethanol a oxid uhličitý, tím dojde ke vzniku mladého piva. Bez nadsázky lze tvrdit, že kvasinky mění trvanlivost a formují organoleptické vlastnosti piva (Priest, 1996).

Původní název rodu pivovarských kvasinek je datován do roku 1837. Schwann je nazývá jako *Zuckerpils*, neboli „cukerná houba“. O rok později byly označeny berlínským botanikem J. F. Meyenem názvem *Saccharomyces cerevisiae*. Označení jest latinským ekvivalentem souvisejícím s druhovým označením latinského názvu pro pivo (Basařová et al., 2010).

Pojmem pivovarské kvasinky rozumíme dva druhy, které se navzájem odlišují především formou způsobu zkvašování rafinosy. Mluvíme o *Saccharomyces carlsbergensis* Hansen a *Saccharomyces cerevisia* Hansen (Bendová a Kahler, 1981).

S. cerevisiae (*carsbergensis*), popř. (uvarum) rozumíme tzv. spodní pivovarské kvasinky, které jsou používány při výrobě piva typu ležáků při teplotním rozmezí 7 – 15°C, kdy se kvasnice usazují na dně kvasné nádoby, tvoří sediment. Oproti tomu svrchní pivovarské kvasinky *S. cerevisiae* se používají při výrobě svrchně kvašených piv typu Ale, popřípadě dalších druhů piv s rozmezím teplot 18 – 22 °C, kdy jsou zpravidla kvasnice vynášeny do kvasničné deky na povrch kvasné nádoby (Basařová et al., 2010).

Podle Basařové et al. (2010) představuje základní rozdíly mezi výše zmíněnými druhy kvasinek toto:

- složení genetického materiálu,
- stupeň zkvašování α -rafinosy,
- rozdílné technologicky významné vlastnosti,
- růst na specifických půdách,
- vyšší tepelná odolnost a maximální teplota růstu svrchník kvasinek,
- obtížná sporulace spodních kvasinek,
- rozdílné složení jejich buněčných stěn.

Obrázek 2: Kvasničná deka na povrchu kvasné nádoby v pivovaru Litovel.



Zdroj: Archiv autora

3.2 Klasická technologie výroby piva

O prvopočátcích výroby piva se dosud vedou spory. Jisté je, že se jedná o proces známý lidstvu již několik tisíc let, který byl cílevědomě zdokonalován a jehož vývoj je stále aktivní. Podle všeobecně uznávaných archeologických nálezů pivo jako první cíleně vařili obyvatelé v Mezopotámii, přibližně 4000 až 3000 let před naším letopočtem (Esslinger, 2009).

Taktéž bohatou historií disponují dějiny výroby piva v našich zemích. Mnohým národům žijícím na našem území, ať už to byly Keltové, germánské kmeny, či později Slované, byla technologie vaření piva známá. Důležité bylo i období pivovarství na přelomu středověku a novověku, kdy se pivo vařilo především v kláštrech, posléze bylo doménou právovárečných měšťanských domů (Chládek, 2007).

Nicméně k nahrazení primitivních postupů používaných k výrobě v každé domácnosti došlo až v 18. století, kdy proběhl přechod na průmyslovou výrobu nejen v pivovarství a sladovnictví. Poznání složitých biochemických, fyzikálních a mikrobiálních procesů probíhajících při výrobě piva uvolnilo revoluci v podobě stavby moderních průmyslových pivovarů (Basařová et al, 2010).

V průběhu minulého století se pivovarnictví proměnilo, i přes období stagnace a útlumu během obou světových válek, hospodářských krizí a nepříliš příznivých podmínek socialistického režimu, v moderní průmyslovou velkoprodukcí. Výjimečnost vlastností tuzemského piva byla mezinárodně ratifikována zapsáním Českého piva jako chráněného zeměpisného označení Evropskou unií v roce 2008 (Basařová et al., 2010).

3.2.1 Technologické postupy výroby

Výroba piva je komplexní proces navzájem provázaných technologických kroků, jejichž postupy jsou napříč literaturou detailně popsány. Předmětem této práce není jejich podrobný popis, nicméně v kontextu jejího obsahu a pochopení rozebírané problematiky je vhodné si dané postupy alespoň stručně vysvětlit.

Samotná technologie se skládá z několika na sebe navazujících procesů. Dle Chodounského (2005) se jedná o následující kroky:

- šrotování,

- rmutování,
- scezování sladiny,
- výroba mladiny,
- chlazení mladiny,
- provzdušňování mladiny,
- separace horkých kalů,
- zkvašování mladiny,
- hlavní kvašení,
- dokvašování,
- ležení.

Šrotování neboli drcení sladu je prováděno za účelem zužitkování maximálního množství vstupní suroviny. Slad se někdy před drcením vlhčí, drcení pak probíhá šetrněji a nedochází k porušení pluch, které jsou důležité při filtraci sladiny. Sladina je tekutina, která vznikne po první fázi vaření piva (Chodounský, 2005; Stewart, 2006).

Rozdrcený slad se mísí s teplou vodou. Tento krok nazýváme vystírání. Vystíráním vzniklá směs drceného sladu a vody má kašovitou konzistenci, která se nazývá dílo. Navazujícím krokem je samotné vaření piva neboli rmutování. Účelem rmutování jest přeměna škrobu ze sladu pomocí sladových enzymů na zkvasitelné cukry. Toho lze docílit dvěma základními postupy – infuzí a dekokcí. Principem infuze je pozvolné zvyšování teploty s technologickými přestávkami při určitých teplotách. Naopak při dekokci je třetina díla přečerpána do druhé varné kádě. V této kádi se část díla postupně zahřívá až k bodu varu. Tento postup se nazývá jedním rmutem. Poté je rmut přečerpán nazpět. Takový postup je možné několikrát opakovat. Rmutováním je vytvářen základní charakter piva. Český ležák je typicky vyráběn dekokčním způsobem, obvykle na dva rmuty (Chodounský, 2005; Basařová et al., 2010).

Celý obsah díla je nutné scedit. Scezený roztok nazýváme sladinou. Tu je třeba zfiltrovat čistou, jinak by hrozilo riziko zhoršení chuti piva. V tomto hraje důležitou roli tzv. proorávání, též nazývaném prokopávání, navrstvených pevných částic ve scezovací pánvi. Pevné částice, které byly odstraněny scezením od mladiny, se nazývají mláto (Chodounský, 2005).

Dalším zásadním technologickým krokem jest chmelovar. Proces, při němž se sladina přivádí k varu a vaří se současně při přidávání chmele. Proces, který obvykle

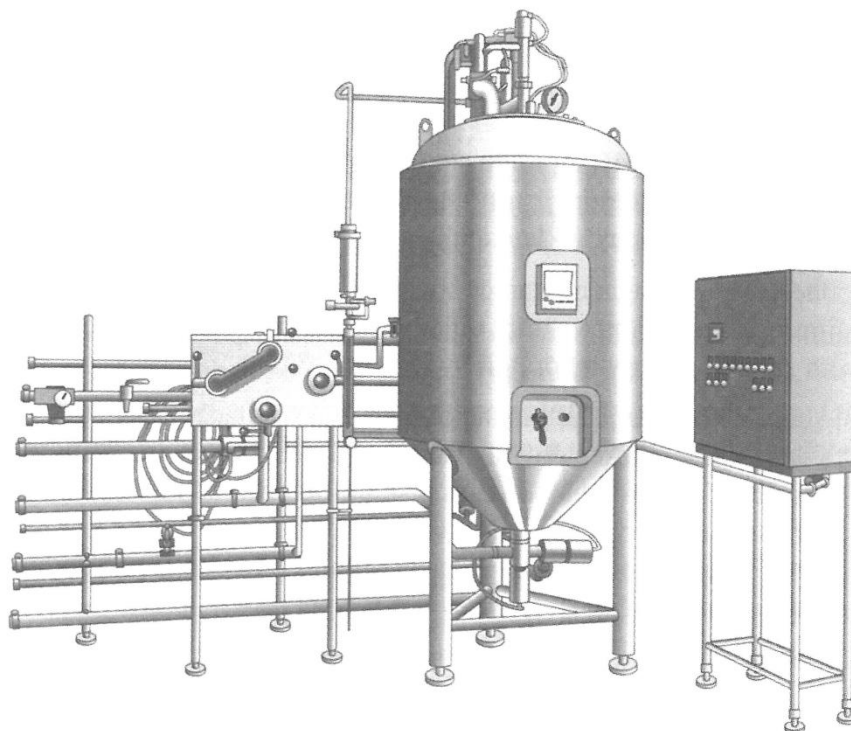
trvá 60 – 90 minut je charakteristický postupným přidáváním chmele (100 – 300 g*hl⁻¹ sladiny). V závislosti na připravovaném druhu piva se chmel povětšinou přidává na začátku, uprostřed a na konci chmelovaru. Při chmelovaru vzniká horká mladina. Díky přečerpání do vířivé kádě z ní mohou být odstraněny kaly a zbytky chmele, děje se tak odstředěním či filtrací přes křemelinové filtry. Výše zmíněné usazeniny by mohly být příčinou nežádoucí trpkohořké chuti piva a mohly by negativně ovlivňovat kvašení. Následuje rychlé zchlazení mladiny na zákvasnou teplotu, po kterém se mladina přečerpává do kvasných nádob. Kvasnou nádobu v klasickém pojetí představuje otevřená nádoba, tzv. spilka, v níž probíhá hlavní kvašení. Zejména v moderních, velkoprodukčních pivovarech se k hlavnímu kvašení, případně i k dokvašování využívá cylindrokónických (CK) tanků. Jejich výhoda spočívá ve větší mikrobiální stabilitě, větší kapacitě výroby, lepším hygienickým standardům, menší náročnosti na potřebu lidské práce a celkové ekonomické výhodnosti výroby. Naopak nedostatkem může být nežádoucí ovlivnění organoleptických vlastností piva (Chodounský, 2005; Chládek, 2007; Bamforth, 2006).

Cukerné látky mladiny jako glukóza, maltóza, maltotriosa jsou při fermentaci přetvářeny za vzniku oxidu uhličitého a alkoholu. Děje se tak pomocí přirozené fyziologie pivovarských kvasinek procesem anaerobního kvašení. Výše popsaný proces lze souhrnně vyjádřit touto rovnicí:



V klasickém pojetí pivovarské technologie se před zakvašením mladiny realizuje tzv. protahování kvasnic. Jedná se o proces, kdy jsou kvasnice smíchané s malým množstvím mladiny přelévány z nádoby do nádoby. Činí se tak za účelem provzdušnění, rozptýlení buněk kvasinek a celkové podpory kvašení. Moderní vybavení průmyslových pivovarů však obvykle obsahuje tzv. propagační stanici. Jedná se zpravidla o stavebně oddělený prostor vybavený technologií kvasničního managementu. Z hlediska bioinženýrského rozlišujeme tři typy propagace kvasnic, a to vsádkové aerované, vsádkové neaerované a kontinuální. Kvasinky je možné izolovat z kvasící mladiny, nebo využívat sbírkových kmenů. Z výše popsaného je zřejmé, že právě manipulace se zákvasnou kulturou představuje jedno z nejdůležitějších know-how každého pivovaru a vyžaduje patřičnou péči. Děje se tak povětšinou v kompetenci podnikové laboratoře a jejich erudovaných pracovníků (Bamforth, 2017).

Obrázek 3: Vzhled jednonádobové propagační stanice



Zdroj: Basařová et al. – převzato z firemních materiálů Scandi Brew, upraveno

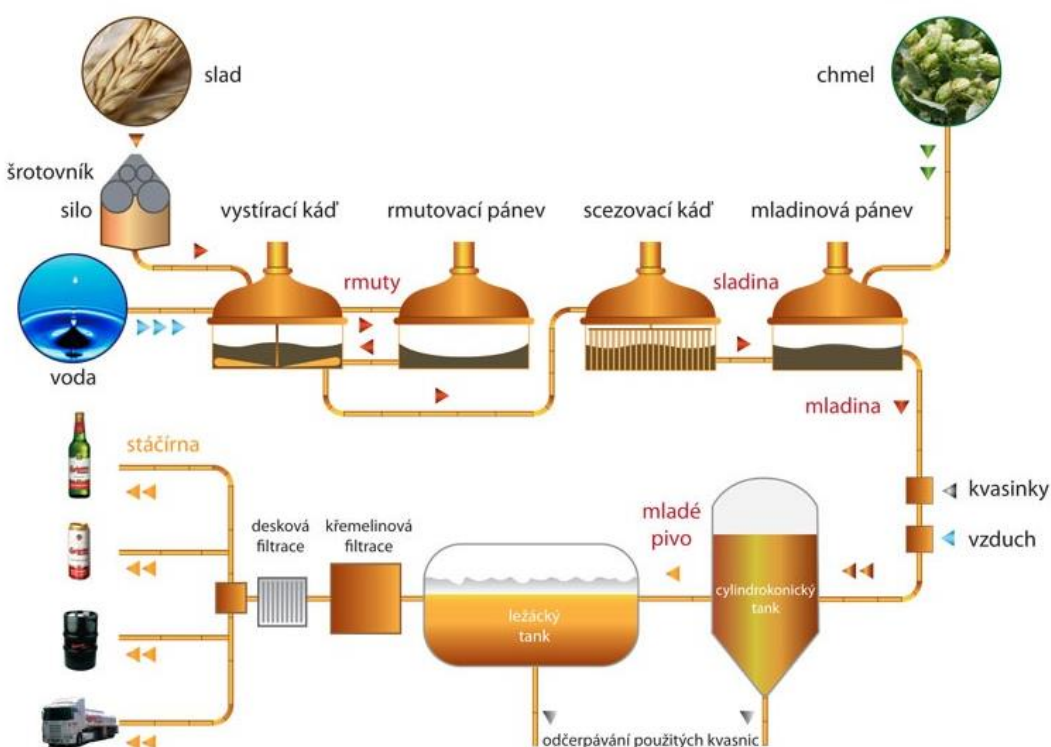
Samotné kvašení se zpravidla skládá ze dvou fází. První fází trvající 5 – 10 dní dle typu piva nazýváme hlavní kvašení. Vzniká převážné množství alkoholu v pivu. Druhou fází nazýváme dokvašování. Při něm vzniká pouze minoritní množství alkoholu a oxid uhličitý. Tím je pivo syceno pozvolně v uzavřených nádobách. Možná je i fúze obou fází, kdy při jednofázovém kvašení obě fáze probíhají zároveň v CK tancích (Pires, 2015).

Finální produkt ovlivňuje z hlediska fermentace zejména jeho způsob – jedná-li se o spodní či svrchní kvašení. Oba postupy jsou popsány v předchozí kapitole a diferencují se použitím odlišných kvasinek a specifickým průběhem. Mladé pivo leží po dokvašení v ležáckých sklepích při teplotě těsně nad bodem mrazu, optimálně 1 – 2 °C. Pivo leží a dokváší pod mírným tlakem, zbylý extrakt je pozvolna fermentován zbylými kvasnicemi ve vznosu. Dochází k čiření piva, jeho sycení oxidem uhličitým, který se postupně koloidně váže v kapalině. Tato fáze je důležitá pro finální podobu organoleptických vlastností piva (Chodounský, 2005; Chládek, 2007; Hlaváček a Lhotský, 1972).

Při finálních úpravách piva dochází k jeho filtraci, pasteraci, případně stabilizaci. Tyto kroky jsou zbytné, nicméně v rámci velkoprodukce piv s dlouhou trvanlivostí se staly nezbytnou pivovarskou praxí.

V současné době se navíc pivo po skončení ležení dále filtruje, pasteruje, popřípadě stabilizuje. Trojice výše zmíněných kroků není při výrobě nezbytná, ovšem jejich výhod se zpravidla využívá (Chodounský, 2005; Basařová et al., 2010).

Obrázek 4: Schéma výroby piva v pivovaru Budějovický Budvar, n.p.



Zdroj: <http://ceskepivo-ceskezlato.cz/piva.php?on=opivu&pg=opivu18>

3.3 Rozdělení pivovarů podle velikosti

Samotné rozdělení dle velikosti není nikterak legislativně upraveno. Jako logické se zdá být rozdělení podle výstupu, který představuje množství vyprodukovaného piva za jednotku času, nejčastěji rok. Tím jsou nepřímě definovány i prostorové možnosti a technologické vybavení pivovaru. Rozdělení je převzato z Velké encyklopedie piva – viz tab. č. 1 (Verhoef, 2003).

Tabulka 1: Rozdělení pivovarů podle velikosti v závislosti na množství vyprodukovaného piva

Název kategorie	Roční výstav	Charakteristika
Homebrewer	10 l / 1 várka	pivo se daří v domácím prostředí pro vlastní potřebu
Minipivovar	< 10 000 hl	sládek zpravidla dodržuje tradiční postupy
Restaurační pivovar	< 200 000 hl	zákazník může pozorovat část výrobního procesu
Regionální pivovar	< 500 000 hl	regionální charakter - velkou roli hraje značka piva
Průmyslový pivovar	> 500 000 hl	jedná se o velkovýrobu - pivo je trvanlivé

Zdroj: Verhoef (2003), vlastní zpracování

Při kategorizaci je nezbytné posuzovat i další okolnosti. Tím se rozumí, že regionální pivovar svou územní působností nemusí zcela odpovídat názvu své kategorie, stejně tak nemusí mít natolik velký výstav, aby mohl být zařazen do kategorie největších producentů. Stejně tak jeho roční výstav nemusí dosáhnout 200 000 hl a přitom nemá společné znaky s restauračním minipivovarem.

Pojem homebrewer označuje nadšence, který v domácích podmínkách vaří pivo. Jeho počínání je na amatérské bázi, používá více či méně primitivní vybavení, často běžně dostupné, kuchyňské. Převažují piva technologicky méně náročná, tedy svrchně kvašená. Přestože se jedná čistě o koníček, jeho popularita významně nabývá na síle, čehož si povšimli provozovatelé pivotěk a internetových obchodů, které se zabývají zmiňovanou problematikou, a stále více nabízí vybavení pro domácí vaření piva (Novotný, 2017).

Legálně je možné v tuzemsku vyrábět pro vlastní potřebu až 200 litrů piva ročně. V takovém případě však platí, aby se domovářečnick přihlásil na celním úřadě (Hasík, 2013).

Minipivovar lze zařadit na pomezí mezi zájmovou činností a komerční výrobou za účelem zisku. V současném pojetí pivní gastronomie zaujímají pivovary pevné místo na trhu, které se jim podařilo vydobýt díky kombinaci atraktivní nabídky speciálních piv a celkového řemeslného charakteru výroby. Sládek v minipivovaru má oproti jiným profesionálním sládkům volnou ruku a může experimentovat s netradičními surovinami a postupy vaření (Kunath, 2012).

Produkce minipivovarů je zaměřená převážně na piva nefiltrovaná, která nepasterizují. Byť jsou to piva nestabilní s omezenou dobou trvanlivosti, disponují plnou chutí a větším množstvím zdraví prospěšných látek. Nabídka piv je díky malému objemu várek flexibilní a do značné míry reflektuje aktuální potřeby zákazníků. (Stratilík, 2018).

Svráznou skupinu v této kategorii představují tzv. školní minipivovary. Jejich činnost v rámci některých středních či vysokých škol má významnou edukační hodnotu a nabízí možnosti realizace prospěšné vědecké činnosti. Přidanou hodnotou je propagace školy prostřednictvím takové pivovarské platformy. Jedním z takových pivovarů je i Univerzitní minipivovar Zemědělské fakulty Jihočeské univerzity, který je v provozu od května roku 2016 (Minipivovar ZF JU, 2020).

Obrázek 5: Budova Minipivovaru ZF JU



Zdroj: Archiv autora

Restaurační pivovar je charakteristický tím, že část provozu, nejčastěji varna, bývá součástí restaurace. Účelem je upoutání pozornosti zákazníka a navnadit jej ke konzumaci piva. Takové pivovary bývají většinou provozovány fyzickými osobami a pivo v nich uvařené slouží k zásobení přilehlé hospody či jiného restauračního

zařízení. Takové pivovary mají často přidružené i jiné podnikatelské činnosti, kterými mohou být např. pivní lázně. (Verhoef, 2003).

Mezi zbylými dvěma kategoriemi, tedy regionálním a průmyslovým pivovarem se hranice často smazává. Není výjimkou, že velký podnik pohltí regionální pivovar z důvodu zachování zavedené lokální značky, či charakteru daného piva. Provoz regionálních pivovarů často závisí na existenci tzv. smluvních hostinců. Díky nim má pivovar stálý odběr. Většinu restaurací však zásobují průmyslové pivovary, jelikož mohou nabídnout provozovatelům restaurací komplexnější služby. Tím je myšlena především rozsáhlá nabídka služeb, jako například servis výčepního nebo chladicího zařízení, nabídka vybavení hospody reklamním spotřebním zbožím, instalace vývěsních štítů a další benefity. Důležité v rozhodování hostinských je také výše finanční dotace. Disponibilita finančních prostředků umožňuje velkoproducentům masivní mediální kampaň, což jim poskytuje konkurenční výhodu (Verhoef, 2003).

Zcela svéráznou kategorií v rámci kategorizace pivovarů můžeme označit tzv. létající pivovar (anglicky „gypsy brewery“ nebo též „contract brewing“). Takový pivovar nemá k dispozici vlastní pivovarskou technologii, „pouze“ know-how várečných postupů. Tyto pivovary a jejich názvy sice figurují v živnostenském rejstříku, fyzicky ale neexistují. Tyto pivovary si své pivo nechají uvařit v prostorách fungujících kamenných pivovarů. Létající pivovar představuje vlastní kategorii, neboť jej nelze dle žádného funkčního kritéria zařadit do žádné z výše zmiňovaných skupin (Beerweb, 2020).

3.4 Výroba piva v minipivovarech

Jako minipivovar je definován takový, jehož produkce dosahuje 500–3000 hektolitrů piva ročně s podmínkou, že roční výstav nepřesáhne 10 000 hektolitrů. Stavebně bývá minipivovar často spojen s vlastní restaurací. V takovém případě lze hovořit o tzv. restauračním minipivovaru. Ta potom představuje majoritní odbytiště produkce. Zbylá část se stáčí do PET lahví, skleněných lahví, případně KEG sudů (Basařová et al., 2010).

3.4.1 Legislativní úprava

Legislativní opatření, které vymezuje pojem minipivovar jakožto „Malý nezávislý pivovar“, je popsáno v rámci zvláštního ustanovení třetí části Zákona

o spotřební dani č. 353/2003 Sb., konkrétně § 81 takto: „Malým nezávislým pivovarem je pivovar, jehož roční výroba piva, včetně piva vyrobeného v licenci, není větší než 200 000 hl a splňuje tyto podmínky:

- a) není správně ani hospodářsky závislý na jiném pivovaru,
- b) nadzemní ani podzemní provozní a skladovací prostory nejsou technologicky či jinak propojeny s prostory jiného pivovaru.“

Dále tento paragraf definuje, že: „Hlavním výrobním provozním souborem se pro účely tohoto zákona rozumí varna, spilka a ležácký sklep, případně cylindrokónické tanky.“

Kromě tohoto je v rámci zákona dále popisována i výroba piva v licenci, vymezen je pojem „hospodářsky závislý pivovar“, či spolupráce dvou a více malých nezávislých pivovarů (Zákon o spotřebních daních, 2003, 2020, § 82).

3.4.2 Vybraná specifika minipivovarských technologií

Na základě osobní konzultace se sládkem minipivovaru ZF JU, panem Liborem Smutkem lze souhrnně popsat specifika výroby piva v minipivovaru následovně. Ve srovnání s průmyslovými pivovary se používá jiné technické vybavení, a tedy i rozdílná technologie výroby. S tím souvisí i celková ekonomika provozu. Na jednotku vyrobeného množství musí minipivovary zákonitě vynaložit větší náklady. Jejich provozy většinou nebývají automatizovány, z čehož plynou zvýšené nároky na pracovní sílu. Taktéž sanitace výrobního zařízení a prostor často představuje těžkou manuální práci.

Důležité je zmínit, že reprodukovatelnost jednotlivých šarží do značné míry závisí na umu sládky a je závislá na možnostech zásobování pivovaru surovinami se stejnou kvalitou. Minipivovary produkují tzv. živá piva, která bývají nefiltrovaná a vesměs nepasterizovaná. Jejich hodnota je zvýšena nutričními i organoleptickými parametry. Oproti běžně produkovaným pivům mají zvýšený obsah zdraví prospěšných látek a vyšší plnost díky objemovému zastoupení extraktu v pivu. Omezená kapacita výroby umožňuje častěji obměňovat portfolio vařených piv. Sládek tak může lépe reagovat na potřeby spotřebitelů.

Dalším produktem typickým pro minipivovary, je svrchně kvašené pivo (piva typu „ale“, „porter“, „stout“). Používají se kvasinky svrchního kvašení a specifická technologie výroby. Motiv výroby svrchně kvašených piv preferují některé minipivovary hned ze dvou důvodů. Z ekonomického i biotechnologického hlediska

(sladinu není nutné před zakvašením tolik zchlazovat) se jedná o výrazně výhodnější výrobu a také jsou to piva s výraznými chuťovými vlastnostmi, což je důležitým v rámci marketingu a prodeje (Dredge, 2014).

Svrchní kvašení je oproti spodnímu odlišné vyšší produkcí některých sensoricky významných vedlejších produktů kvašení. Svrchně kvašená piva se pak vyznačují ovocnou až kořenitou chutí. Pro pivovarníky hraje zásadní roli zejména fakt, že mladinu je nutné před zakvašením zchladit na teplotu okolo 18–24 °C. Na rozdíl od toho spodně kvašená piva kvasí při teplotě 6–12 °C. Kvašení výše zmíněných piv pak může probíhat za pokojové teploty, což celý proces výroby ulehčuje, potažmo zlevňuje. Chuť piva také bývá proměnlivá, což může ovlivňovat zejména přítomnost divokých kvasinek při nedokonalé regulovaném kvašení. Pivo je možné též oproti klasickému ležáku stáčet ještě před dokvašením, což opět vede ke snížení výrobních nákladů (Novotný, 2017).

Vybavení mikropivovarů a minipivovarů se často soustředí na využívání různých kompletů a typizovaných pivovarských sestav. V celosvětovém měřítku, zejména v zemích, kde je minipivovarnictví hojně zastoupeno, jako USA, Německo, Anglie, Japonsko, Belgie atp., včetně České republiky, působí na trhu velké množství firem, které se nabízí jak hotové vybavení, tak i možnost stavby pivovaru „na klíč“, či technologické poradenství. Vybavení je závislé zejména na kapacitě plánované produkce a kapitálových a prostorových možnostech majitele minipivovaru. (Bruning, 2019).

3.5 Zrání piva

Definitivní organoleptický charakter piva se formuje během dokvašování v ležáckých sklepích. Z hlediska pivovarských technologií se jedná o mimořádně důležitý krok jak z technologického, tak i ekonomického hlediska. V klasickém pojetí se jedná o poměrně dlouhý proces, zejména u ležáků. U těch může tradiční technologie představovat až 70 dnů ležení. Existují tedy tendence tento proces zkracovat. Žádný intenzifikační mechanismus výše zmíněného však nikterak pozitivně neovlivňuje výslednou organoleptickou jakost piva, spíše naopak (Basařová et al., 2010).

K dokvašování a zrání piva dochází v ležáckém sklepě. Pod mírným tlakem pomalu dokvašuje zbylý extrakt kvasnicemi, které zůstaly ve vznosu. V uzavřených tancích během sekundárního kvašení mladé pivo zvolna dokvává při nízkých teplotách,

ta klesá z 5 °C na 0 – 2 °C. Pivo zraje a postupně se sytí oxidem uhličitým, který dodává pivu plnost a říz. Čím delší je doba ležení, tím pevněji je v pivu vázán. Doba ležení piva se odvíjí od jeho stupňovitosti. (Kučerová, 2007).

Prokvašování zbylého extraktu je nejrychlejší během prvních třech dní, během kterých dojde k prokvašení přibližně jeho poloviny. Dále dochází k úpravě chuti a vůně piva a během přirozeného číření se vylučují vysokomolekulární látky z roztoku. Pozvolna dochází k optimalizaci složení piva, potažmo koloidní stabilitě (Basařová et al., 2010).

3.5.1 Faktory ovlivňující zrání

Mezi rozhodující faktory, které ovlivňují nutnou dobu klasického dokvašování a organoleptického zrání piva, řadíme zejména koncentraci původní mladiny, surovinovou skladbu vstupních surovin, tím se rozumí zejména podíl zkvasitelného extraktu v mladině, dále obsah asimilovatelného dusíku ve výchozí mladině. Ten je určen zejména rozluštěním dusíkatých složek použitého sladu. Méně významným faktorem, však nikoliv zanedbatelným, je vliv používaného kmene kvasnic a jejich fyziologický stav (Basařová et al., 2010).

3.6 Vybrané ukazatele průběhu zrání piva

Procesy, které probíhají při ležení piva, je možné charakterizovat jednak výsledky chemické analýzy, jednak výsledky analýzy senzorické. Pro účely sledování průběžných i finálních parametrů piva slouží průmyslovým pivovarům podnikové laboratoře. Ty bývají vybaveny sofistikovanými analytickými přístroji, které kombinují celou řadu rozborů analytických ukazatelů během analýzy jediného vzorku (Basařová et al., 2010).

Minipivovary většinou nedisponují vlastní laboratoří, ani výše popisovaným vybavením. Vybrané analytické parametry si tak musí nechat analyzovat v externí laboratoři. Zásadní roli v těchto případech sehrávají školní minipivovary, které úzce spolupracují s akademickými pracovníky. Vzniká tak efektivní platforma propojení výrobní praxe s laboratorním výzkumem (Osobní konzultace s panem Liborem Smutkem).

3.6.1 Stanovení alkoholu, extraktu, zdánlivého extraktu a extraktu původní mladiny (EPM)

Popisované parametry patří k běžně důležitým ukazatelům průběhu zrání piva. Koncentrací piva vyjádřené v procentech rozumíme procentový obsah extraktu původní mladiny před zakvašením, ze které se pivo vyrobilo. Alkohol se vytváří z extraktu, tedy jeho zkvasitelné složky – cukrů, mladiny zkvašením pomocí pivovarských kvasinců *Sacharomyces uvarum* (spodní kvašení) nebo *Sacharomyces cerevisiae* (svrchní kvašení). Zdánlivý extrakt piva představuje extrakt stanovený sacharometricky nebo pyknometricky poté, co se vzorek zbaví oxidu uhličitého. Skutečný extrakt je nezkvašený extrakt piva, který se stanoví sacharometricky nebo pyknometricky poté, co dojde k oddestilování alkoholu a doplnění destilovanou vodou na původní hmotnost vzorku. Alkohol se stanovuje pyknometricky v destilátu (Basařová, 1993).

Právě mezi čtveřicí popisovaných analytických parametrů existují určité souvislosti. Profesor K. N. Balling (1805 – 1868) se na půdě pražské techniky zabýval hodnotami alkoholu a extraktu příslušného piva, ze kterých vyvodil vzorce pro výpočet původní koncentrace mladiny. Tyto vztahy popsal prof. Balling v nauce o attenuaci a definoval tak význam termínu prokvašení piva. Jeho závěry sloužily k odvození vzorce pro výpočet koncentrace piva (dříve stupňovitost piva), které jsou dodnes globálně využívány (Basařová, 2004).

Dle Vyhlášky č. 60/2010 Sb., kterou se mění vyhláška č. 468/2003 Sb. o stanovení vzorce pro výpočet extraktu původní mladiny před zakvašením a metodách určení extraktu původní mladiny je uvedeno v § 1, že: „Extrakt původní mladiny se stanoví výpočtem podle velkého Ballingova vzorce uvedeného v příloze této vyhlášky.“ Tento vzorec má následující podobu:

$$p (\%) = \frac{(2,0665 A + E_s) 100}{100 + 1,0665 A} ,$$

kde „p“ je extrakt původní mladiny vyjádřený v %, „E_s“ je hmotnostní procento skutečného (nezkvašeného) extraktu piva, které se stanoví pyknometricky, popřípadě denzitometricky, po oddestilování alkoholu a doplnění destilovanou vodou na původní hmotnost vzorku a „A“ je hmotnostní procento alkoholu stanovené v destilátu pyknometricky, popřípadě denzitometricky (Vyhláška č. 60/2010 Sb., kterou se mění vyhláška č. 468/2003 Sb., o stanovení vzorce pro výpočet extraktu původní mladiny před zakvašením a metodách určení extraktu původní mladiny, 2020, § 1).

Dále:

- 2,0665 – množství extraktu v g nutné k vytvoření 1 g alkoholu;
- 1,0665 – množství látek v g vzniklých při kvašení na 1g alkoholu
(Pelikán a Suková, 1998).

Atenuace znamená pokles měrné hmotnosti kvasícího roztoku k určité hranici. Zdánlivý extrakt piva jest nižší než skutečný, neboť v pivu jsou obsaženy látky, které jsou lehčí než voda (alkohol atp.), Zdánlivý extrakt také nezahrnuje ztrátu extraktu, která vzniká v průběhu kvašení. Tím je myšlen zejména únik těkavých sloučenin a spotřeba živin na pomnožení kvasinek. Rozhodčí metodou pro stanovení množství alkoholu a skutečného extraktu je metoda destilačního stanovení. Z výsledků analýzy je vypočítán extrakt původní mladiny. V praxi se běžně při sériových analýzách používá refraktometrické stanovení, velice rozšířené a oblíbené pro svoji praktičnost a jednoduchost obsluhy jsou již zmiňované automatické analyzátory (Basařová, 1993).

3.7 Sortiment piva

Druhy vyráběných piv lze třídit hned z několika hledisek, technologických, obchodních atp. Základní dělení sortimentu piva lze interpretovat následovně. Sortiment obsahuje piva:

- a) světlá piva,
- b) tmavá piva.

Piva tmavá i světlá se vyrábějí v několika tržních druzích, které se navzájem liší stupňovitostí. Ta je představována hustotou mladiny, která je závislá především na obsahu cukernatých látek, tedy hmotnostní koncentraci těchto látek v mladině. Takové dělení je popsáno v rámci Zákona o potravinách a tabákových výrobcích č. 110/1997 Sb., konkrétně ve Vyhlášce Ministerstva zemědělství č. 248/2018 Sb. Rozdělení je zpracováno v tabulce č. 2 (Zákon o potravinách a tabákových výrobcích, 1997, 2020, § 16).

Tabulka 2 Fyzikální a chemické požadavky na jakost piva

Ukazatel*)		Pivo						
		nealkoholické	nízkoalkoholické	stolní	výčepní	ležák	plné	silné
skutečné prokvašení v%	tmavá piva spodně kvašená	nestanoveno		min. 45		-	min. 45	
	ostatní piva spodně kvašená	nestanoveno		min. 50		-	min. 50	
	piva svrchně kvašená	nestanoveno		min. 50	-	min. 50		
alkohol v % obj.		max. 0,5	více než 0,5 max. 1,2	více než 1,2				
extrakt původní mladiny v % hm. (**)		nestanoveno		max. 6	7 až 10	11 až 12	11 až 12	min. 13
<p>* U údajů, s výjimkou údajů o obsahu alkoholu, extraktu původní mladiny a nutriční hodnotě označených na obale v množstevních jednotkách, se připouští absolutní hodnota kladné i záporné odchylky 10 % relativních, pokud není uvedeno, že jde o průměrné hodnoty.</p> <p>** Obsah extraktu původní mladiny, stanovený výpočtem podle velkého Ballingova vzorce, se posuzuje hodnotou zaokrouhlenou na celé číslo směrem dolů.</p>								

Zdroj: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2018-248#cast4>, vlastní zpracování

3.8 Minipivovar ZF JU

Univerzitní minipivovar, který spravuje Zemědělská fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, byl založen v květnu roku 2016. Předmětem jeho funkce je zejména výzkumná a výuková činnost. Kromě toho je schopen nabídnout kurzy vaření piva pro veřejnost či zkoušku profesní kvalifikace. Pivovar zásobuje okolí akademickým pivem. Pravidelným odběratelem jejího piva je Studentský klub Kampa, který se nachází v těsné blízkosti pivovaru i Zemědělské fakulty. Mezi jehož nejčastější návštěvníky patří právě studenti tamní univerzity. Výhodou je přímá zpětná vazba v rámci hodnocení organoleptických vlastností piva jeho konzumenty směrem ke sládkovi pivovaru. Tím je pan Libor Smutek, který má mnohaleté zkušenosti s technologií vaření piva na průmyslové úrovni, stejně tak v oboru staveb pivovarských technologií (Minipivovar ZF JU, 2020).

Pivovar pro svoji produkci zpracovává výhradně suroviny českého původu. Z chmele jmenovitě odrůdy Žatecký poloraný červeňák, Sládek. Přestože technologie pivovaru umožňuje vyrobit prakticky jakékoliv pivo, jeho sortiment se soustředí na spodně kvašená piva (viz tabulka č. 3), (Minipivovar ZF JU, 2020).

Tabulka 3: Aktuálně nabízený sortiment Minipivovaru ZF JU

Název výrobku	Druh balení	Objem balení (litry)	Záruční doba
Čtyrák světlé výčepní 10°	Lahev / KEG	0,5 / 30 / 50	5 dní / lahev 7 dní
Čtyrák světlý ležák 11°	Lahev / KEG	0,5 / 30 / 51	5 dní / lahev 7 dní
Čtyrák světlý ležák 12°	Lahev / KEG	0,5 / 30 / 52	5 dní / lahev 7 dní
Čtyrák Granát 11°	Lahev / KEG	0,5 / 30 / 53	5 dní / lahev 7 dní
Čtyrák Granát 12°	Lahev / KEG	0,5 / 30 / 54	5 dní / lahev 7 dní
Čtyrák IPA	Lahev / KEG	0,5 / 30 / 55	5 dní / lahev 7 dní
Čtyrák speciál	Lahev / KEG	0,5 / 30 / 56	5 dní / lahev 7 dní

Zdroj:<http://pivovar.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2018/10/Nab%C3%ADdkov%C3%BD-list-Pivovar-ZF-1.9.2018.pdf>, vlastní zpracování

Piva se musí po naražení spotřebovat do 24 hodin a po otevření lahve ihned spotřebovat. Speciály se vaří v pivovaru nárazově. Z výše zmíněného vyplývá, že se jedná o piva nefiltrovaná, nepasterovaná s krátkou dobou trvanlivosti (Minipivovar ZF JU, 2020).

Kvasné tanky jsou osazeny odnímatelným víkem. Výroba tedy může probíhat i formou klasického „spilkového“ kvašení v otevřených nádobách. Varní tanky jsou vybaveny nepřímým ohřevem pomocí horkého oleje. Tím je zajištěn pravidelný přenos tepla na dílo a zabraňuje se přehřívání některých jeho částí, případně připečení. Tím jsou simulovány podmínky ohřevu parou v průmyslových pivovarech (Minipivovar ZF JU, 2020).

Obrázek 6: Varna Minipivovaru ZF JU



Zdroj: http://pivovar.zf.jcu.cz/fotogalerie/interiery-pivovaru/?_gallery=gg-2-24

3.9 Pivovar Litovel, a.s.

Z majetkoprávního hlediska patří pivovar Litovel, a.s. do skupiny trojice pivovarů zastřešenou v rámci jediné pivovarnické skupiny PMS Přerov, a.s. se sídlem v Přerově. Dále do této skupiny patří pivovary Zubr, a.s. v Přerově a pivovar Holba, a.s. v Hanušovicích (Starec, 2014).

Pivo se v Litovli, které bylo královským městem s právovárečným právem, vařilo už od středověku. Nejprve se vařilo v měšťanském pivovaru, který byl založen právě právovárečným měšťanstvem v roce 1291. Ten zanikl až v roce 1910 a po celou dobu byl ve vlastnictví měšťanů. Akciový pivovar byl založen roku 1892. První várka byla uvařena o rok později. Pivovar byl vlastněn akciovou společností zvanou Rolnický akciový pivovar v Litovli (Zýbrt, 2005).

Po znárodnění akciového pivovaru v roce 1948, byl opět do soukromých rukou zařazen zpět do akciové společnosti Moravskoslezské pivovary se sídlem v Přerově, dnešní PMS Přerov, a.s. (Zýbrt, 2005).

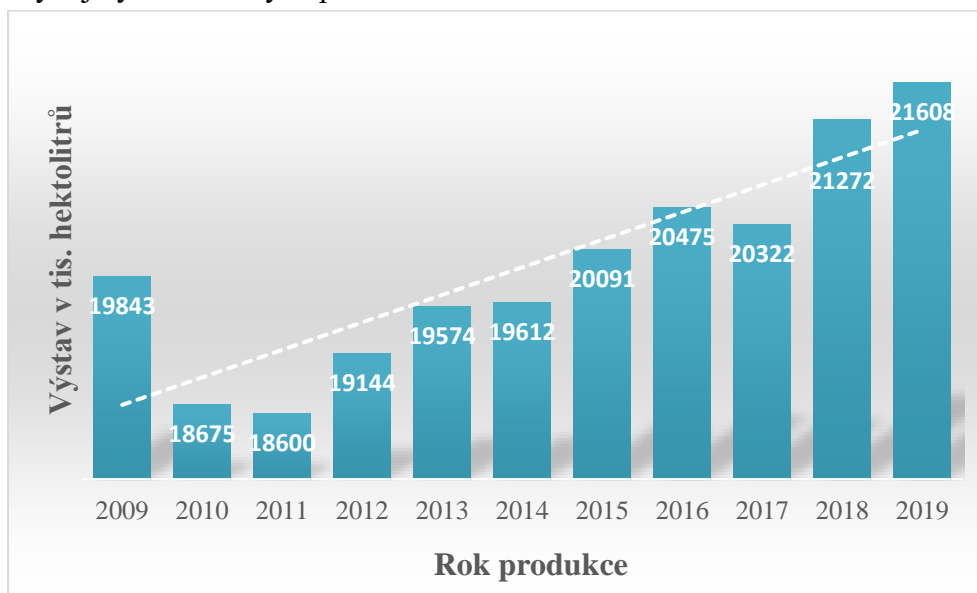
V současné době má pivovar stabilní zázemí silné společnosti. Jeho produkty mají stálé místo na tuzemském trhu a vyváží se hned do několika zemí v zahraničí. Jeho výstav v posledních letech pravidelně přesahuje 200 000 hl ročně. I přesto je pivovar stále věrný klasickým pivovarským technologiím. Spodně kvašené pivo se vaří klasicky na dva rmuty, hlavní kvašení piva probíhá na spilkách, v otevřených nerezových kádích. Pivo zraje v ležáckých sklepích, při teplotě 0–2°C. Kromě klasicky vařených piv se pivovar také okrajově věnuje i vaření svrchně kvašených piv

a v různých pravidelných časových intervalech nárazově i pivním speciálům. Pivovar také disponuje vlastním minipivovarem, který nabízí výjimečnou platformu pro zkoušení nových technologií, zdokonalení styku pivovaru s veřejností. Zázemí pivovaru minipivovaru s přilehlou restaurací slouží také jako reprezentační prostory (Anonymous – sdělení zaměstnanců pivovaru Litovel, a.s.).

3.10 Stav pivovarského trhu v České republice

Trh v České republice je nasycen velkým množstvím různých druhů i typů piv tuzemské i zahraniční provenience. V posledních letech panuje rostoucí tendence tuzemské produkce (viz graf č. 1), jejíž majoritní část se prodává na českém trhu. Stále více však posiluje export tuzemského piva, které má v zahraničí výjimečně silné jméno.

Graf 1: Vývoj výstavu českých pivovarů v letech 2009 – 2019



Zdroj: Generální ředitelství cel a Český svaz pivovarů a sladoven, z.s., 2020, vlastní zpracování

4. MATERIÁL A METODIKA

4.1 Zpracování vzorků z Minipivovaru ZF JU

Vzorky byly odebírány v Minipivovaru ZF JU na adrese Na Zlaté Stoce 690/3 v Českých Budějovicích.

4.1.1 Charakteristika vzorků

Piva, která byla analyzována, byla uvařena klasickou technologií. Pro výrobu byl použit český humnový slad, který byl namíchan dle receptury a šrotován ve dvouválcovém šrotovníku. Samotné vaření piva proběhlo technologií vaření na dva rmuty s následným scezením sladiny. Následoval chmelovar za použití českého chmele. Hlavní kvašení proběhlo v otevřeném CK tanku, který tak simuloval klasický postup hlavního kvašení. Tento princip je obdobný technologii hlavního kvašení v pivovaru Litovel, a.s., kde pivo kvasí v otevřených spilkách. Dokvašování probíhalo při teplotě okolo 2 °C, stejně tak, jako je tomu v Litovelském pivovaru.

4.1.2 Sběr dat

Sběr dat probíhal od února do dubna 2019. Odebírány byly vzorky aktuálně vyráběných piv. Jednalo se o:

- Čtyrák světlý ležák 12°, (n = 27)
- Čtyrák speciál tmavá 13°, (n = 34)
- Čtyrák speciál světlá 14°, (n = 32).

Vždy po domluvě se sládkem pivovaru v rámci časových dispozic probíhaly náběry vzorků do připravených vzorkovnic o objemu 250 ml z kvasných kádí, potažmo z cylindrokónických dokvašovacích tanků v ležáckém sklepě.

Ihned po náběru byly vzorky převezeny do laboratoře na Katedru potravinářských biotechnologií a kvality zemědělských produktů a vytemperovány na 20 °C. Pro samotnou analýzu bylo nutné zbavit vzorek většiny CO₂. Po přelití vzorku ze vzorkovnice do kádinky o objemu 400 ml byly kádinky umístěny do ultrazvukové vodní lázně s pitnou vodou o pokojové teplotě 22 °C, kde došlo k „vytřepání“ nahromaděného CO₂ ve vzorku. Po konzultaci s vedoucím práce a na základě metodiky rozboru bylo určeno, že vzorky budou v zapnuté vodní lázni umístěny vždy po dobu 3 minut. Objektivita tohoto kroku byla experimentálně ověřena (viz tabulka č. 4).

Tabulka 4: Ověření metodiky zbavování vzorku CO₂

Čtyrák 14° SVĚTLÁ					
Datum:	09.03.2019				
	Opakování				
Měřená proměnná	1.*	2.**	3.***	4.****	5.*****
alkohol [hmotnostní %]	4,82	4,81	4,79	4,69	4,45
alkohol [objemová %]	6,12	6,11	6,09	5,97	5,67
skutečný extrakt [%]	5,41	5,41	5,40	5,44	5,63
zdánlivý extrakt [%]	2,92	2,92	2,93	2,99	3,21
EPM [%]	14,29	14,27	14,24	14,07	13,75
POZNÁMKA:	Doba vzorku v zapnuté vodní lázni			Teplota vodní lázně	
*	3 min.			22 °C	
**	6 min.			23 °C	
***	12 min.			26 °C	
****	24 min.			32 °C	
*****	36 min.			37 °C	

Z tabulky je patrné, že při třepání vzorku po dobu 3, 6 a 12 minut se naměřené výsledky zásadně neměnily. Přibližně po 12 minutách se viditelně přestal uvolňovat oxid uhličitý, teplota vodní lázně, potažmo vzorku začala výrazně vzrůstat a naměřené výsledky neodpovídaly reálným hodnotám. Dostatečně nevytřepaný vzorek nebylo možné změřit.

Upravené vzorky byly analyzovány na automatickém analyzátoru FermentoFlash od firmy Funke – Gerber (Funke-Dr.N. Gerber Labortechnik GmbH, Německo). Přístroj je schopný ze vzorku analyzovat množství alkoholu, extrakt vzorku, zdánlivý extrakt, extrakt původní mladiny, hustotu vzorku a osmotický tlak.

Princip měření:

- vzorek piva (10 ml) je nasáván do měřících buněk pomocí čerpadla. Obsah alkoholu, extrakt a hustota se měří pomocí tepelných měřících účinků. Stanoveny jsou taktéž odvozené složky jako původní mladina, zdánlivý extrakt a osmotický tlak. Vyjma měření vzorku a kalibrace byla nasávací trubička vždy omyta a uložena do kádinky s destilovanou vodou.

Kalibrace:

- zařízení lze kalibrovat pomocí odpovídajícího referenčního piva. V tomto případě byl přístroj před samotným měřením vždy kalibrován pomocí nulovacího kalibračního roztoku.

Zařízení:

- Paralelní rozhraní / tiskárna pro záznam: Zařízení má paralelní rozhraní pro připojení běžné komerční tiskárny. Součástí je záznamová tiskárna. Zařízení lze také připojit k počítači, které je nutno dovybavit příslušným softwarem pro zpracování vzorků (Funke – Gerber, 2020).

Tabulka 5: Technické specifikace analyzátoru FermentoFlash

Měřená proměnná	Měřitelný rozsah	Opakovatelnost
alkohol	0,00 % - 15,00 %	± 0,02 %
extrakt	0,00 % - 10,00 %	± 0,04 %
zdánlivý extrakt	0,00 % - 10,00 %	± 0,04 %
EPM	0,00 % - 20,00 %	± 0,04 %
hustota	0,95 - 1,05 g / cm ³	± 0.0002 % g / cm ³
osmotický tlak	vypočítaná hodnota	XXX

Poznámky:

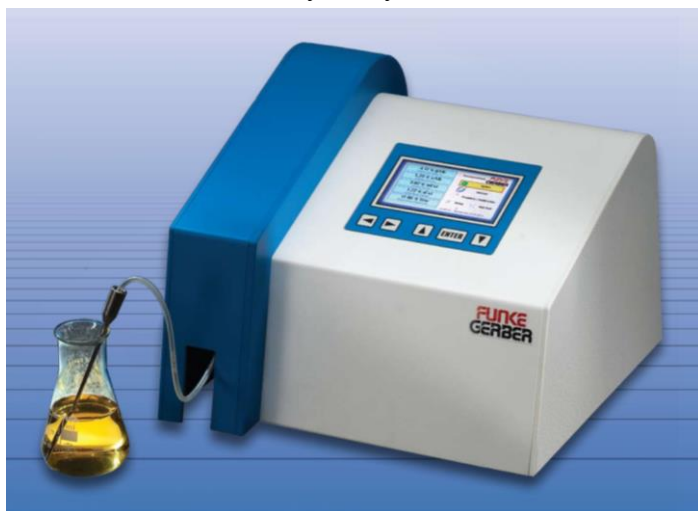
Doba měření vzorku: 1 minuta

Množství vzorku: 10 ml odplyněného piva / stanovení

Řízení teploty: vzorek je nutné před měřením vytemperovat na pokojovou teplotu

Zdroj: Funke-Dr.N. Gerber Labortechnik GmbH, 2020, vlastní zpracování

Obrázek 7: Automatický analyzátor FermentoFlash od firmy Funke - Gerber



Zdroj: Funke-Dr.N. Gerber Labortechnik GmbH, 2020

Dále byl vypočítán stupeň prokvašení piva dle vzorce:

$$Ps (\%) = \frac{(EPM - Es) 100}{EPM},$$

kde Ps představuje stupeň prokvašení, EPM extrakt původní mladiny a Es hodnota skutečného extraktu.

4.2 Zpracování vzorků z pivovaru Litovel, a.s.

Zpracování vzorků probíhalo v podnikové laboratoři pivovaru Litovel, a.s. sídlící na adrese Palackého 934, Litovel.

4.2.1 Charakteristika vzorků

Vzorky piva z pivovaru Litovel, a.s. lze charakterizovat následujícím způsobem:

- použití českých surovin pro výrobu,
- šrotování sladu (know – how pivovaru),
- vaření na dva rmuty,
- scezování,
- chmelovar za použití českých odrůd sladu,
- hlavní kvašení na spilkách,
- dokvašování v ležáckých sklepích při 0 – 2 °C.

4.2.2 Sběr dat

Sběr dat probíhal během roku 2019. Analytická laboratoř disponuje moderním vybavením a zařízením. Vzorky piva se zde zkoumají pomocí laboratorních zkoušek. U každého vzorku se stanovuje skutečný a zdánlivý extrakt, množství alkoholu a extrakt původní mladiny. K analýze se používá automatický analyzátor piva sestávající z hustoměru DMA 4500M a měřicího modulu Alcolyzer beer ME firmy ANTON PAAR (Rakousko). Dále se stanovuje pH, barva vzorku, stupeň prokvašení, polyfenoly a hořké látky, měří se množství diacetylu či koloidní stabilita vzorků prostřednictvím měření zákalu. Všechny zkoušky dodržují postupy pivovarsko – sladařské analytiky.

Odebírány byly následující vzorky piv:

- Litovel Premium 12°, (n = 12)
- Litovel Gustav 13° polotmavý, (n = 12).

Obrázek 8: Automatický analyzátor DMA 4500M + Alcolyzer beer ME od firmy Anton Paar



Zdroj: Anton Paar GmbH

Tabulka 6: Technické specifikace analyzátoru DMA 4500M + Alcolyzer beer ME

Měřená proměnná	Měřitelný rozsah	Opakovatelnost
Alkohol	0,00 % - 12,00 %	± 0,01 %
EPM	0,00 % - 30,00 %	± 0,03 %
Extrakt	0,00 % - 20,00 %	± 0,01 %
Hustota	0,00 % - 3,00 g / cm ³	± 0,00001 g / cm ³
pH (volitelně)	0,00 - 14,00	± 0,02
Zákal (volitelně)	0 - 100 EBC	± 0,02 EBC
Barva (volitelně)	0 - 120 EBC	0,1 EBC
Poznámky:		
Doba měření vzorku: 4 minuty cca		
Minimální množství vzorku: 30 ml odplyněného piva / stanovení		
Řízení teploty: integrovaný Peltier termostat		

Zdroj: Anton Paar GmbH, vlastní zpracování

4.3 Zpracování vzorků z tržní sítě

Vzorky piva z tržní sítě (Samson 12°, Svijanský kníže 13°, Svijanská kněžna 13°, Světlé pivo 14°) byly zakoupeny v supermarketu v průběhu roku 2019. Po zakoupení byly zpracovány stejným způsobem, jako vzorky z Minipivovaru ZF JU.

4.4 Statistické zpracování dat

U statistického souboru dat získaných z minipivovaru v ZF JU byly jako nezávislé proměnné (faktory) použity:

- druh piva
 - (Čtyrák světlý ležák 12°, (n = 27)
 - Čtyrák speciál tmavá 13°, (n = 34)
 - Čtyrák speciál světlá 14°, (n = 32),
- stadium zrání (1 = bouřlivé kvašení; 2 = první fáze dokvašování, 3 = druhá fáze dokvašování),

Závislé proměnné byly:

- obsah alkoholu [hm %],
- obsah alkoholu [obj. %],
- skutečný extrakt [%],
- zdánlivý extrakt [%],
- EPM [%],
- stupeň prokvašení [%].

Získaná data byla vyhodnocena za použití programů Microsoft Office Excel 2013 a Statistica 12 (StatSoft ČR). V souboru byly vyhodnoceny předpoklady pro užití parametrických metod. Pro porovnání druhu piva a stadia zrání byla využita jednofaktorová analýza rozptylu. K porovnání významnosti skupin byl využit Tukeyův HSD test pro nestejná n při obvyklých hladinách významnosti ($P < 0,05$; 0,01; 0,001).

5. VÝSLEDKY A DISKUZE

5.1 Změny vybraných jakostních parametrů piva v průběhu zrání

Kvalita piva se posuzuje na základě více ukazatelů, které zohledňují celý technologický proces výroby. V průběhu dokvašování a zrání piva probíhá řada změn původního složení zeleného piva v závislosti na teplotě, hradicím tlaku, době dokvašování, fyzikálně – chemickém stavu zeleného piva a vlastnostech použitého kmene kvasinek (Basařová et al., 2010).

U vzorků byla provedena chemická analýza ve zvolených chemických ukazatelích průběhu zrání, a to v různých technologických časech v průběhu zrání piva. Sledovány byly: množství alkoholu, skutečný a zdánlivý extrakt a extrakt původní mladiny (EPM). Dopočítán byl stupeň prokvašení piva. Na závěr jsou výsledky porovnány s pivy prodávanými v tržní síti v České republice.

5.1.1 Jakostní parametry piv z Minipivovaru ZF JU

Hodnoty získané z automatického analyzátoru FermentoFlash byly zpracovány v tabulkách a grafech. Každá hodnota uvedená v tabulce č. 7 je aritmetickým průměrem trojice opakovaných měření za sebou.

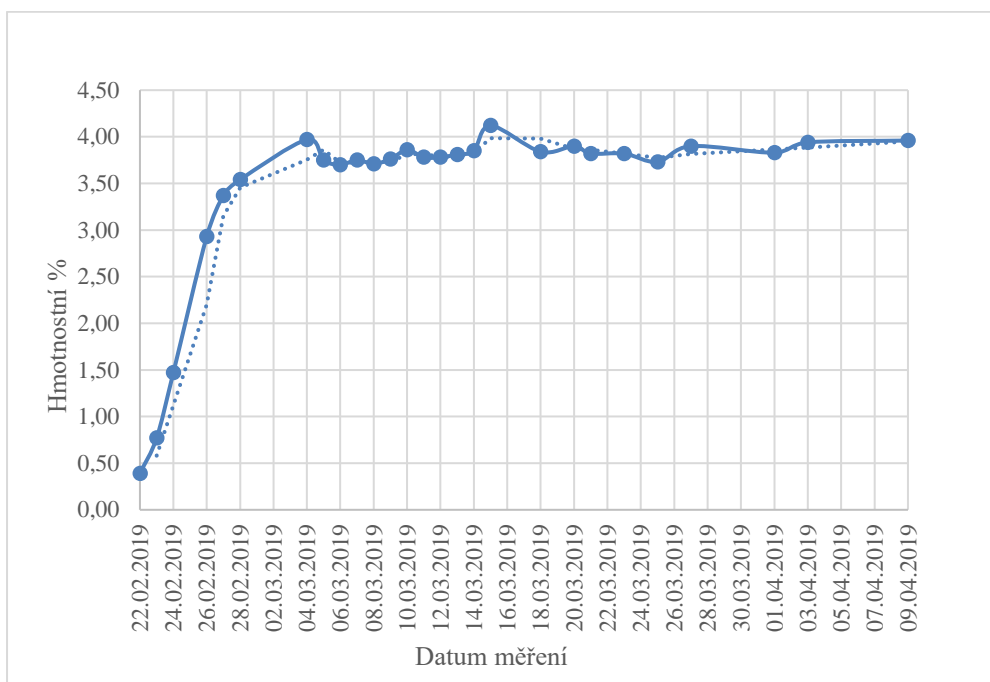
Tabulka č. 7 obsahuje výsledky analýzy 12° světlého piva. Pivo bylo uvařeno 21. 2., stočeno 10. 4. Výsledky analýzy tedy sledují období ode dne následujícího po zakvašení mladiny až po stáčku.

Tabulka 7: Výsledky měření 12° piva z Minipivovaru ZF JU

Čtyrák 12° SVĚTLÁ						
Datum analýzy	Obsah alkoholu [hm %]	Obsah alkoholu [obj. %]	Skutečný extrakt [%]	Zdánlivý extrakt [%]	EPM [%]	Stupeň prokvašení piva [%]
22.02.2019	0,39	0,83	14,19	11,06	12,48	-13,70
23.02.2019	0,77	1,27	13,05	10,05	12,42	-5,07
24.02.2019	1,47	2,10	11,00	8,23	12,09	9,02
26.02.2019	2,93	3,83	7,37	4,99	12,14	39,29
27.02.2019	3,37	4,36	6,44	4,14	12,28	47,56
28.02.2019	3,54	4,54	5,84	3,62	12,13	51,85
04.03.2019	3,97	5,06	4,75	2,65	12,15	60,91
05.03.2019	3,75	4,79	5,27	3,12	12,11	56,48
06.03.2019	3,70	4,73	5,25	3,11	12,00	56,25
07.03.2019	3,75	4,80	5,22	3,08	12,08	56,79
08.03.2019	3,71	4,75	5,28	3,14	12,04	56,15
09.03.2019	3,76	4,80	5,20	3,06	12,07	56,92
10.03.2019	3,86	4,92	5,00	2,88	12,11	58,71
11.03.2019	3,78	4,83	5,18	3,04	12,09	57,15
12.03.2019	3,78	4,83	5,15	3,02	12,07	57,33
13.03.2019	3,81	4,86	5,11	2,98	12,09	57,73
14.03.2019	3,85	4,91	5,04	2,91	12,12	58,42
15.03.2019	4,12	5,23	4,50	2,41	12,24	63,24
18.03.2019	3,84	4,89	5,02	2,90	12,08	58,44
20.03.2019	3,90	4,97	4,89	2,78	12,10	59,59
21.03.2019	3,82	4,88	5,05	2,92	12,06	58,13
23.03.2019	3,82	4,87	4,92	2,82	11,97	58,90
25.03.2019	3,73	4,76	5,04	2,95	11,89	57,61
27.03.2019	3,90	4,97	4,88	2,77	12,11	59,70
01.04.2019	3,83	4,89	4,97	2,86	12,03	58,69
03.04.2019	3,94	5,01	4,79	2,69	12,10	60,41
09.04.2019	3,96	5,04	4,78	2,67	12,14	60,63

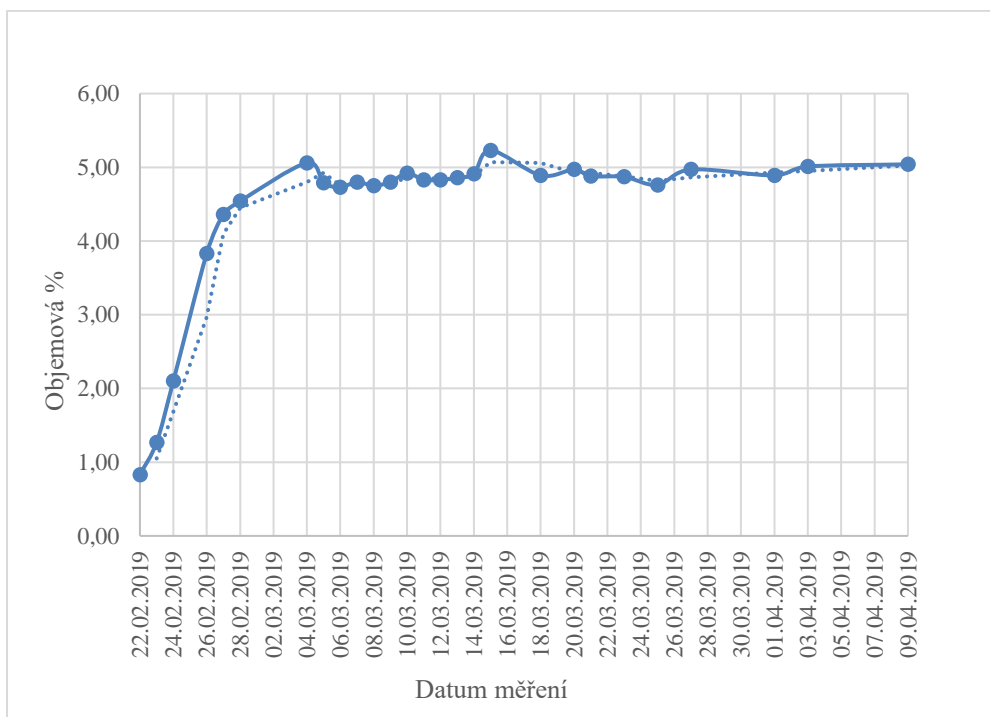
Hodnoty z tabulky č. 7 jsou zpracovány v grafech č. 2 – 7. Stupeň prokvašení piva kladně koreluje s obsahem alkoholu v pivu. Platí nepřímá úměra mezi hodnotami extraktu (skutečný i zdánlivý) a stupněm prokvašení piva. Naměřené hodnoty EPM oscilují v rozmezí hodnot 11,89 % - 12,48 %, přesto lze pozorovat pozvolnou klesající tendenci těchto hodnot. Výkyvy hodnot lze přisoudit principu měření přístroje, který danou hodnotu EPM vypočítává dle obsahu alkoholu, extraktu a hustoty vzorku.

Graf 2: Změny v obsahu alkoholu [hm %] / u piva „12° SVĚTLÁ“ z Minipivovaru ZF JU



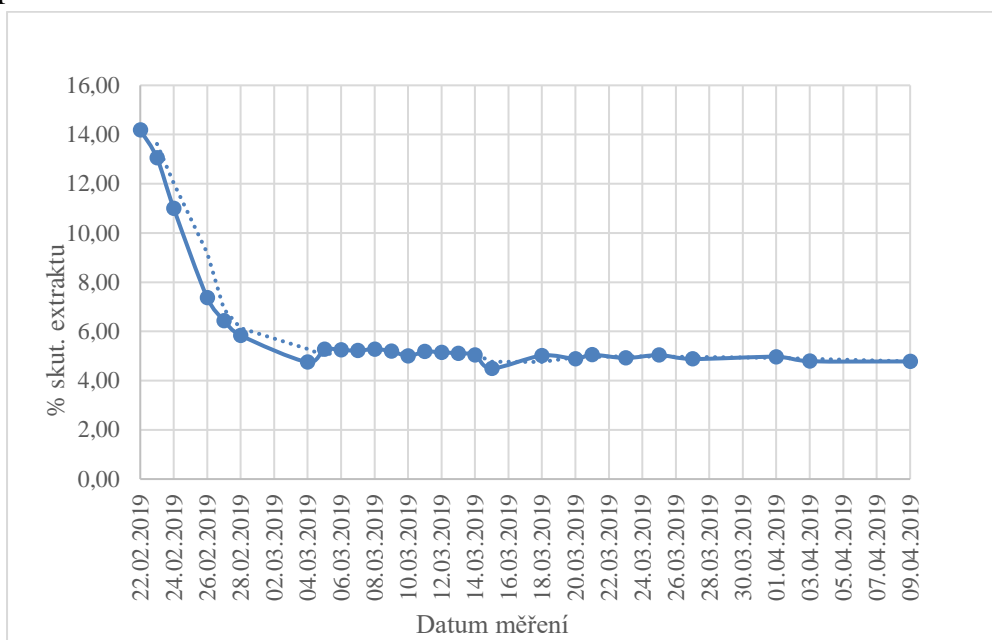
----- spojnice datové řady, spojnice trendu

Graf 3: Změny v obsahu alkoholu [obj. %] / u piva „12° SVĚTLÁ“ z Minipivovaru ZF JU



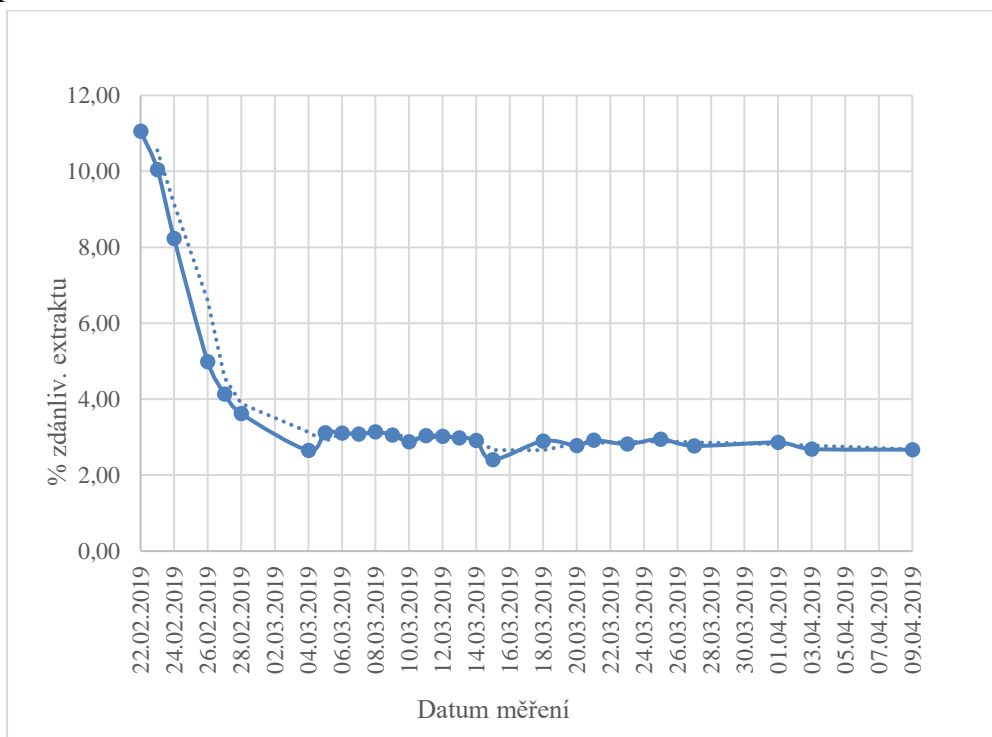
----- spojnice datové řady, spojnice trendu

Graf 4: Změny v obsahu skutečného extraktu [%] / u piva „12° SVĚTLÁ“ z Minipivovaru ZF JU



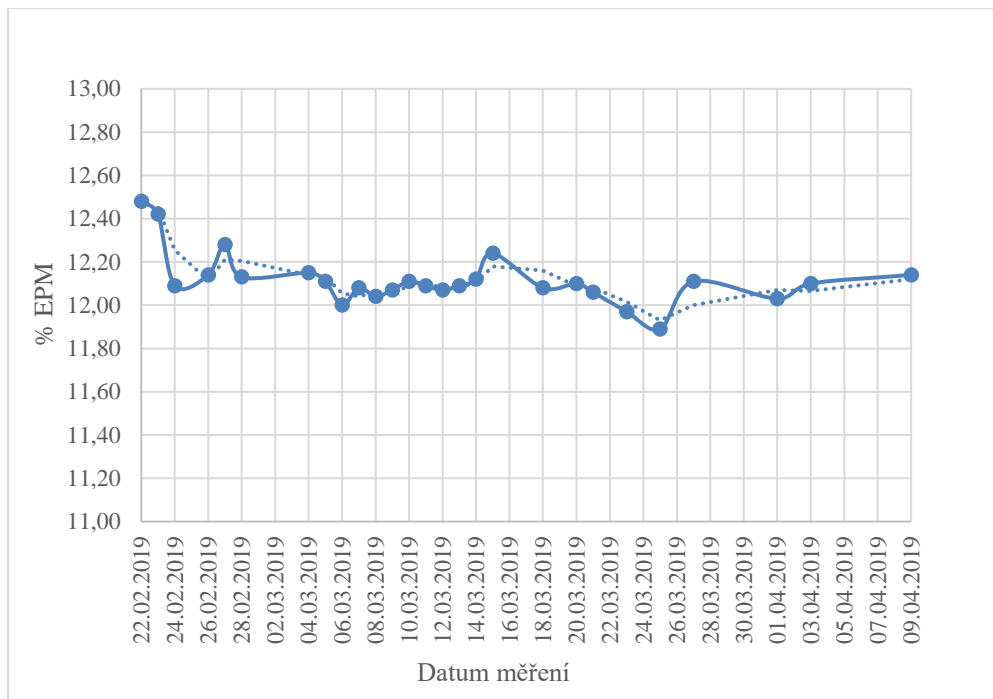
----- spojnice datové řady, spojnice trendu

Graf 5: Změny v obsahu zdánlivého extraktu [%] / u piva „12° SVĚTLÁ“ z Minipivovaru ZF JU



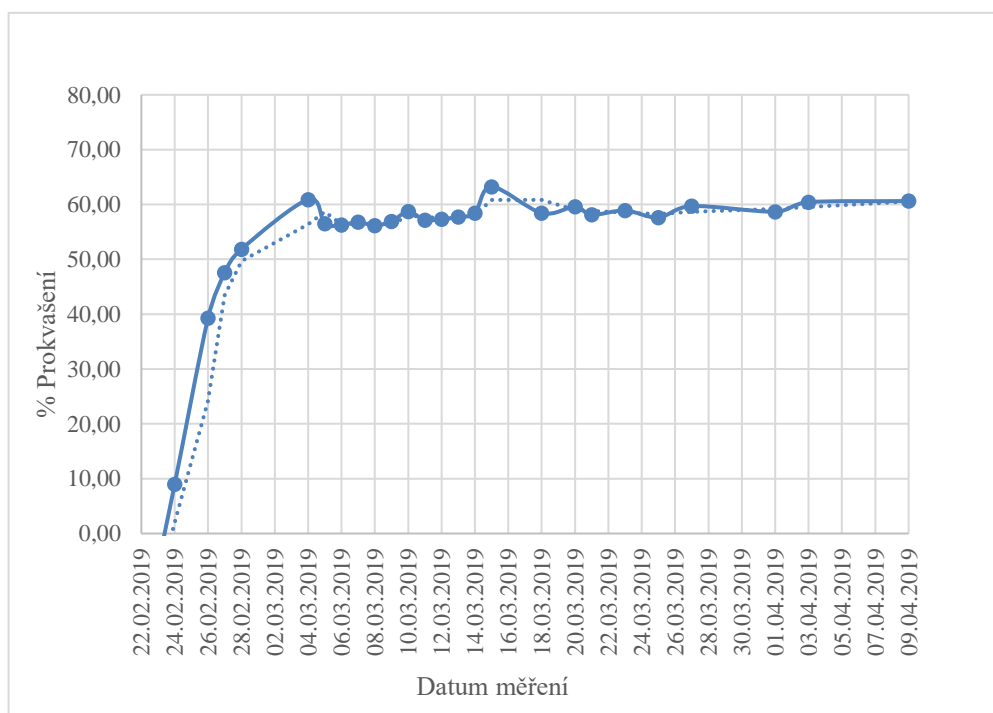
----- spojnice datové řady, spojnice trendu

Graf 6: Změny v obsahu EPM [%] / u piva „12° SVĚTLÁ“ z Minipivovaru ZF JU



----- spojnice datové řady, spojnice trendu

Graf 7: Změny stupně prokvašení [%] / u piva „12° SVĚTLÁ“ z Minipivovaru ZF JU



----- spojnice datové řady, spojnice trendu

V tabulce č. 8 jsou zaznamenány výsledky analýzy 13° tmavého piva. Pivo bylo uvařeno 14. 2., stočeno 17. 4. Výsledky analýzy tedy sledují období ode dne následujícího po zakvašení mladiny až po stáčku.

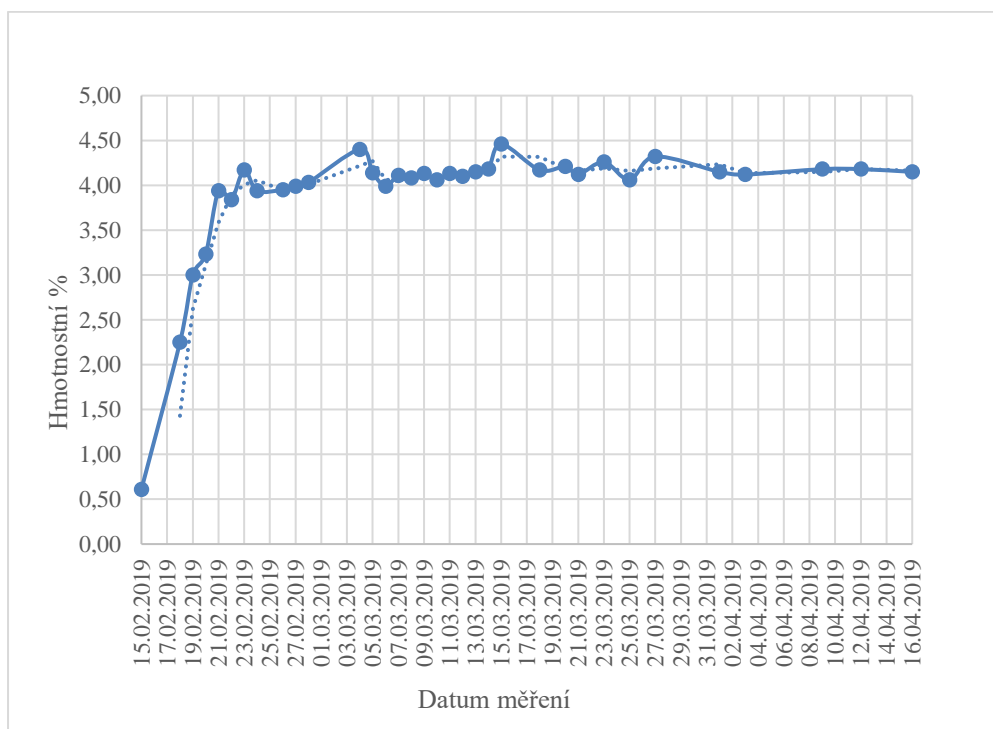
Tabulka 8: Výsledky měření 13° tmavého piva z Minipivovaru ZF JU

Čtyrák 13° TMAVÁ						
Datum analýzy	Obsah alkoholu [hm %]	Obsah alkoholu [obj. %]	Skutečný extrakt [%]	Zdánlivý extrakt [%]	EPM [%]	Stupeň prokvašení piva [%]
15.02.2019	0,61	1,12	14,88	11,59	13,49	-10,30
18.02.2019	2,25	3,05	10,19	7,42	13,01	21,68
19.02.2019	3,00	3,93	8,49	5,87	13,15	35,44
20.02.2019	3,23	4,22	7,90	5,34	13,15	39,92
21.02.2019	3,94	5,05	6,31	2,89	13,28	52,48
22.02.2019	3,84	4,95	5,90	3,58	12,83	54,01
23.02.2019	4,17	5,32	5,43	3,13	13,05	58,39
24.02.2019	3,94	5,05	5,81	3,50	12,91	55,00
26.02.2019	3,95	5,05	5,88	3,55	12,98	54,70
27.02.2019	3,99	5,11	5,74	3,42	12,95	55,68
28.02.2019	4,03	5,15	5,64	3,34	12,94	56,41
04.03.2019	4,40	5,60	4,91	2,66	13,11	62,55
05.03.2019	4,14	5,28	5,54	3,23	13,08	57,65
06.03.2019	3,99	5,11	5,69	3,72	12,92	55,96
07.03.2019	4,11	5,25	5,55	3,24	13,04	57,44
08.03.2019	4,08	5,21	5,56	3,26	12,99	57,20
09.03.2019	4,13	5,27	5,53	3,22	13,05	57,62
10.03.2019	4,06	5,19	5,63	3,32	12,99	56,66
11.03.2019	4,13	5,28	5,54	3,23	13,07	57,61
12.03.2019	4,10	5,24	5,56	3,26	13,03	57,33
13.03.2019	4,15	5,30	5,50	3,19	13,07	57,92
14.03.2019	4,18	5,33	5,47	3,16	13,10	58,24
15.03.2019	4,46	5,67	4,91	2,64	13,22	62,86
18.03.2019	4,17	5,32	5,47	3,16	13,08	58,18
20.03.2019	4,21	5,36	5,38	3,08	13,08	58,87
21.03.2019	4,12	5,26	5,55	3,24	13,05	57,47
23.03.2019	4,26	5,43	5,33	3,03	13,14	59,44
25.03.2019	4,06	5,19	5,59	3,29	12,97	56,90
27.03.2019	4,32	5,51	5,45	3,10	13,36	59,21
01.04.2019	4,15	5,29	5,54	3,23	13,09	57,68
03.04.2019	4,12	5,26	5,47	3,18	13,00	57,92

09.04.2019	4,18	5,34	5,46	3,15	13,11	58,35
12.04.2019	4,18	5,33	5,45	3,14	13,09	58,37
16.04.2019	4,15	5,29	5,50	3,19	13,08	57,95

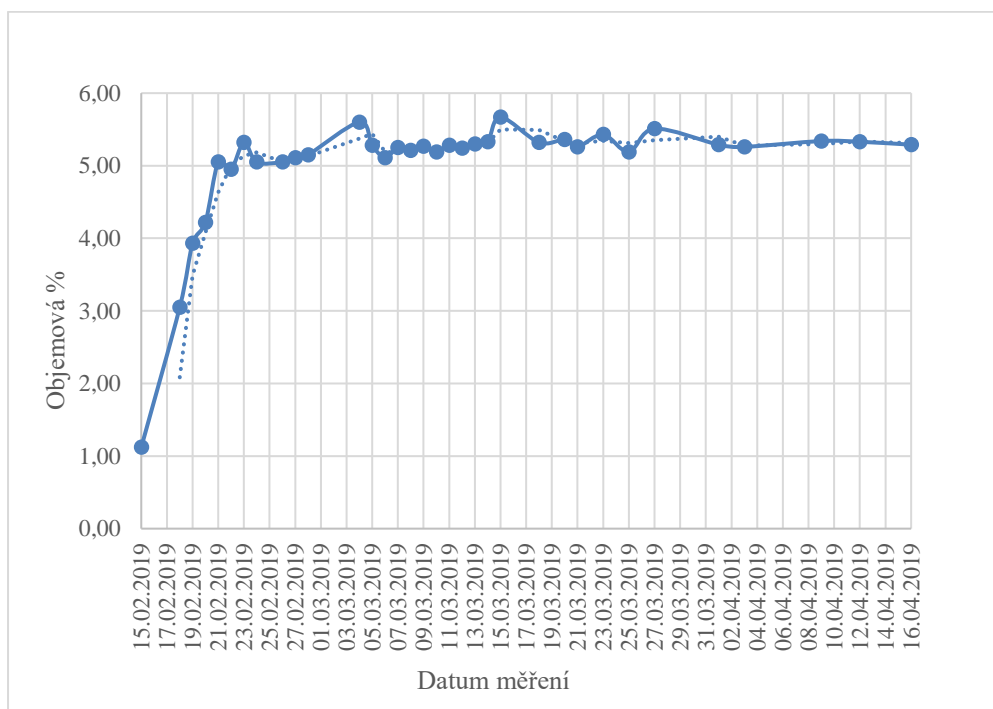
Hodnoty z tabulky č. 8 jsou zpracovány do grafů č. 8 – 13. Stejně jako u 12° piva platí, že stupeň prokvašení piva kladně koreluje s obsahem alkoholu v pivu. Platí nepřímá úměra mezi hodnotami extraktu (skutečný i zdánlivý) a stupněm prokvašení piva. Naměřené hodnoty EPM se pohybují nejčastěji nad hodnotou 13,00 %. Před stáčkou byla zaznamenána hodnota 13,08 %.

Graf 8: Změny v obsahu alkoholu [hm %] / u piva „13° TMAVÁ“ z Minipivovaru ZF JU



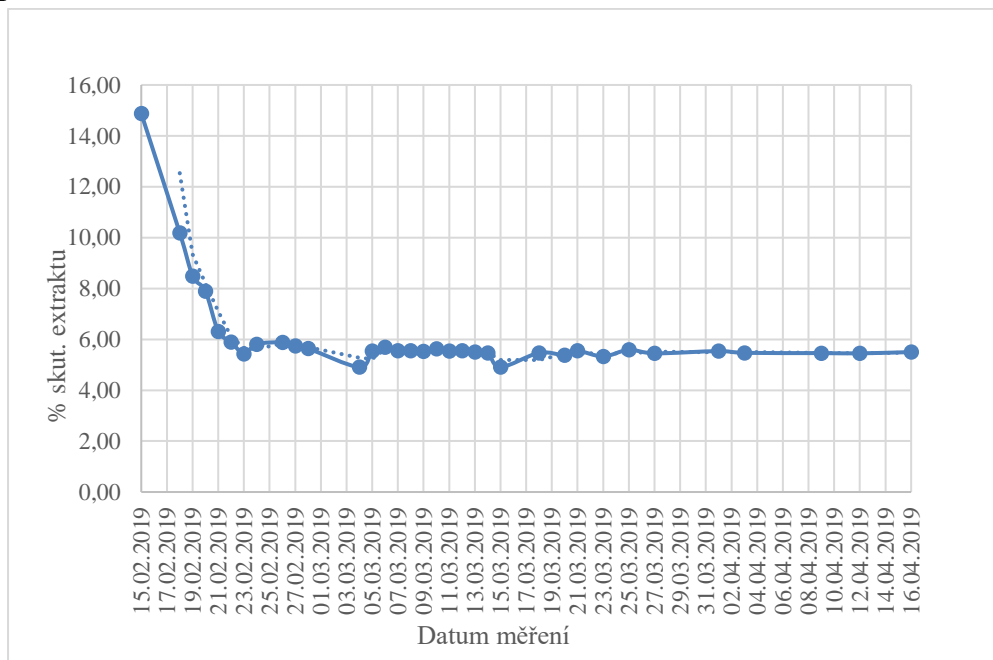
----- spojnice datové řady, spojnice trendu

Graf 9: Změny v obsahu alkoholu [obj. %] / u piva „13° TMAVÁ“ z Minipivovaru ZF JU



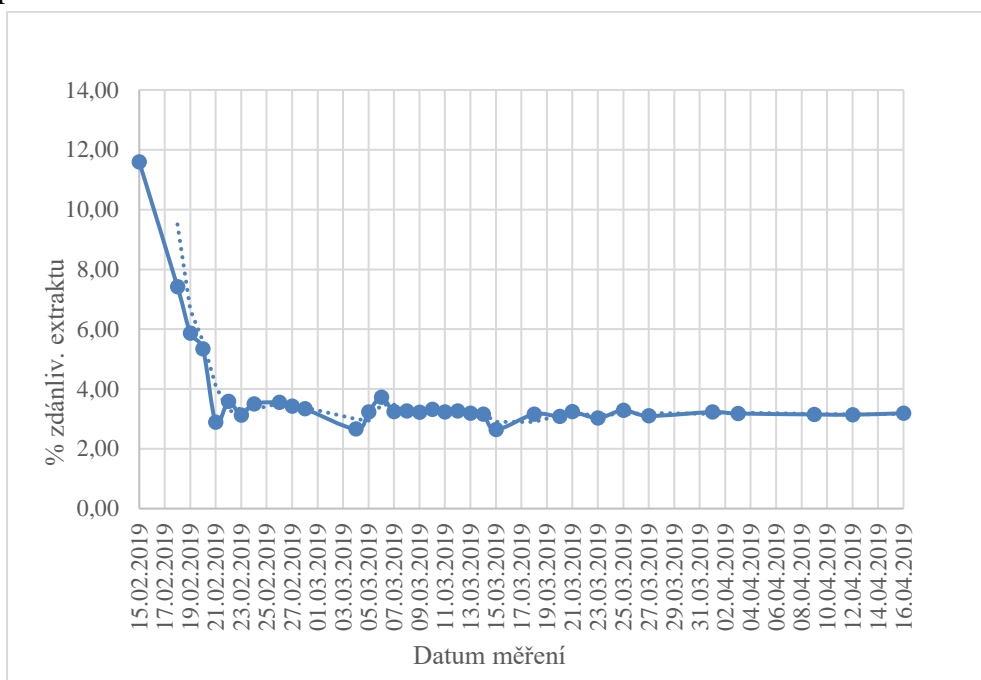
----- spojnice datové řady, spojnice trendu

Graf 10: Změny v obsahu skutečného extraktu [%] / u piva „13° TMAVÁ“ z Minipivovaru ZF JU



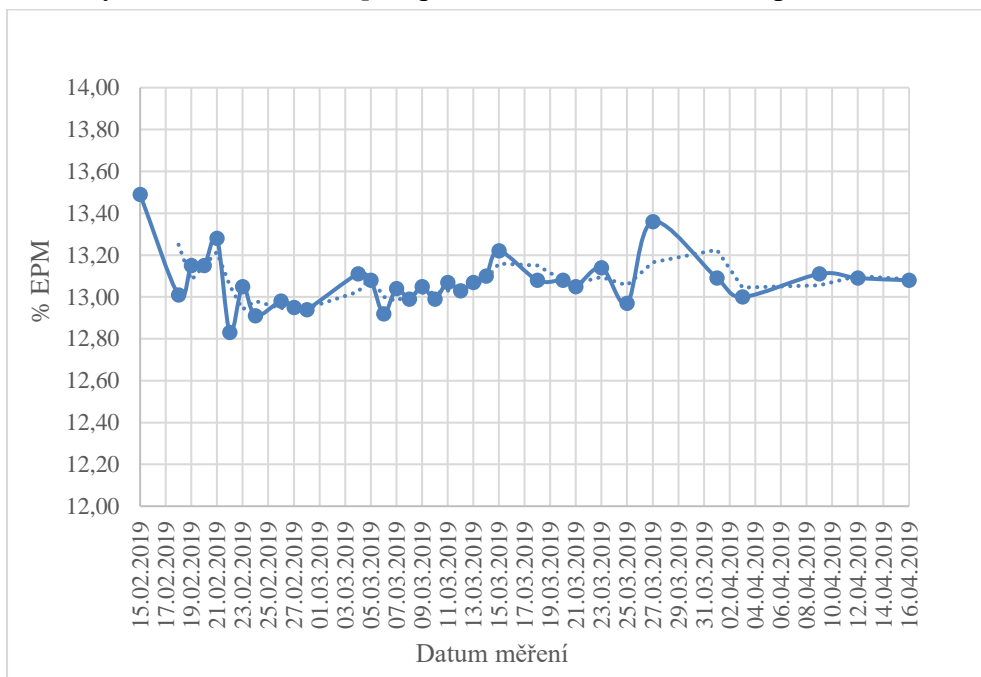
----- spojnice datové řady, spojnice trendu

Graf 11: Změny v obsahu zdánlivého extraktu [%] / u piva „13° TMAVÁ“ z Minipivovaru ZF JU



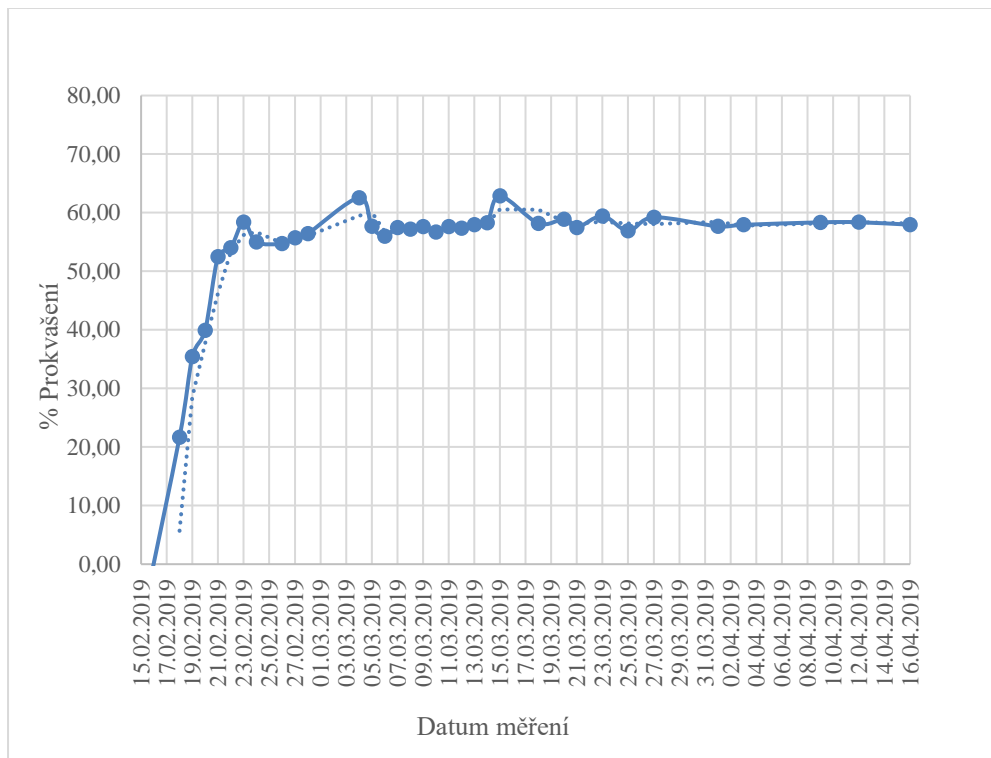
----- spojnice datové řady, spojnice trendu

Graf 12: Změny v obsahu EPM [%] / u piva „13° TMAVÁ“ z Minipivovaru ZF JU



----- spojnice datové řady, spojnice trendu

Graf 13: Změny stupně prokvašení [%] / u piva „13° TMAVÁ“ z Minipivovaru ZF JU



----- spojnice datové řady, spojnice trendu

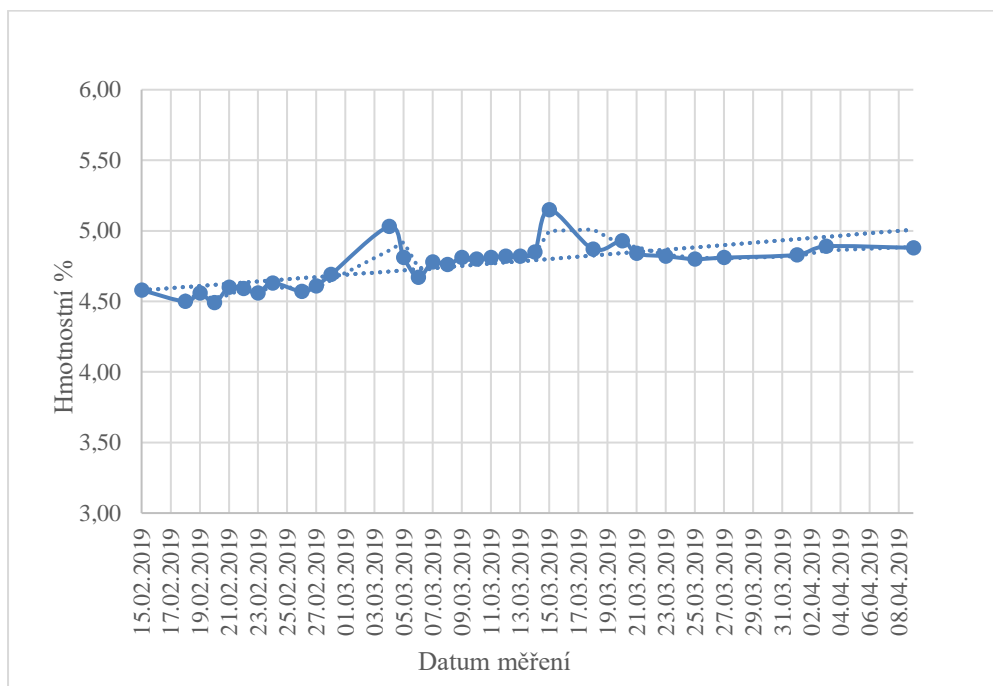
V tabulce č. 9 jsou zaznamenány výsledky analýzy 14° světlého piva. Pivo bylo uvařeno 5. 2. a stočeno 10. 4. spolu s 12° pivem. Výsledky analýzy na rozdíl od předchozích dvou druhů piv sledují období zrání piva, které následuje po období hlavního kvašení.

Tabulka 9: Výsledky měření 14° piva z Minipivovaru ZF JU

Čtyrák 14° SVĚTLÁ						
Datum analýzy	Obsah alkoholu [hm %]	Obsah alkoholu [obj. %]	Skutečný extrakt [%]	Zdánlivý extrakt [%]	EPM [%]	Stupeň prokvašení piva [%]
15.02.2019	4,58	5,83	5,79	3,29	14,12	58,99
18.02.2019	4,50	5,80	5,46	3,12	14,05	61,14
19.02.2019	4,56	5,82	6,02	3,48	14,27	57,81
20.02.2019	4,49	5,73	6,14	3,60	14,22	56,82
21.02.2019	4,60	5,87	5,93	3,40	14,29	58,50
22.02.2019	4,59	5,85	5,84	3,33	14,18	58,82
23.02.2019	4,56	5,81	5,84	3,34	14,13	58,67
24.02.2019	4,63	5,90	5,72	3,22	14,16	59,60
26.02.2019	4,57	5,82	5,81	3,32	14,12	58,85
27.02.2019	4,61	5,88	5,72	3,23	14,14	59,55
28.02.2019	4,69	5,97	5,57	3,09	14,17	60,69
04.03.2019	5,03	6,38	4,90	2,46	14,32	65,78
05.03.2019	4,81	6,12	5,43	2,95	14,31	62,05
06.03.2019	4,67	5,95	5,61	3,12	14,17	60,41
07.03.2019	4,78	6,07	5,45	2,97	14,25	61,75
08.03.2019	4,76	6,05	5,47	2,99	14,23	61,56
09.03.2019	4,81	6,11	5,41	2,92	14,27	62,09
10.03.2019	4,80	6,10	5,34	2,88	14,20	62,39
11.03.2019	4,81	6,12	5,43	2,94	14,30	62,03
12.03.2019	4,82	6,13	5,40	2,91	14,29	62,21
13.03.2019	4,82	6,12	5,38	2,90	14,27	62,30
14.03.2019	4,85	6,16	5,35	2,87	14,30	62,59
15.03.2019	5,15	6,52	4,77	2,31	14,43	66,94
18.03.2019	4,87	6,18	5,30	2,82	14,30	62,94
20.03.2019	4,93	6,25	5,18	2,71	14,32	63,83
21.03.2019	4,84	6,14	5,34	2,86	14,27	62,58
23.03.2019	4,82	6,12	5,30	2,84	14,20	62,68
25.03.2019	4,80	6,09	5,37	2,90	14,22	62,24
27.03.2019	4,81	6,11	5,34	2,87	14,22	62,45
01.04.2019	4,83	6,14	5,39	2,90	14,31	62,33
03.04.2019	4,89	6,20	5,22	2,75	14,28	63,45
09.04.2019	4,88	6,20	5,25	2,78	14,29	63,26

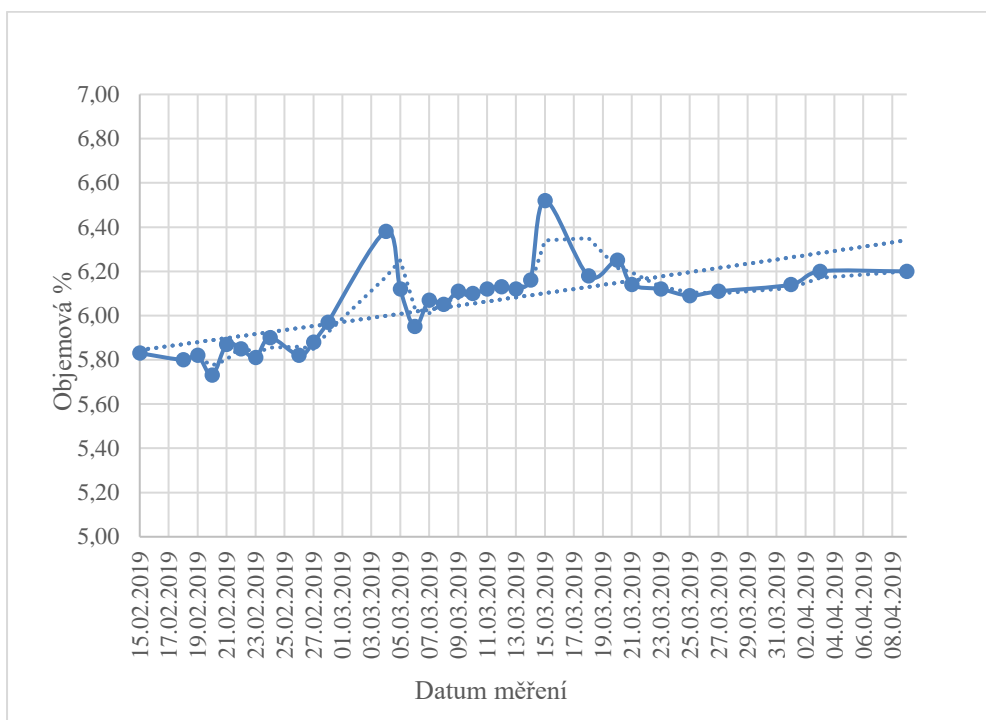
Hodnoty z tabulky č. 9 jsou zpracovány do grafů č. 14 – 19. Z grafů je patrné, že během samotného zrání piva již nedochází k razantní proměně naměřených hodnot. Pozvolna narůstá množství alkoholu a klesá extrakt. Patrná je pozvolná tendence růstu prokvašení piva. Naopak EPM se již nemění prakticky vůbec.

Graf 14: Změny v obsahu alkoholu [hm %] / u piva „14° SVĚTLÁ“ z Minipivovaru ZF JU



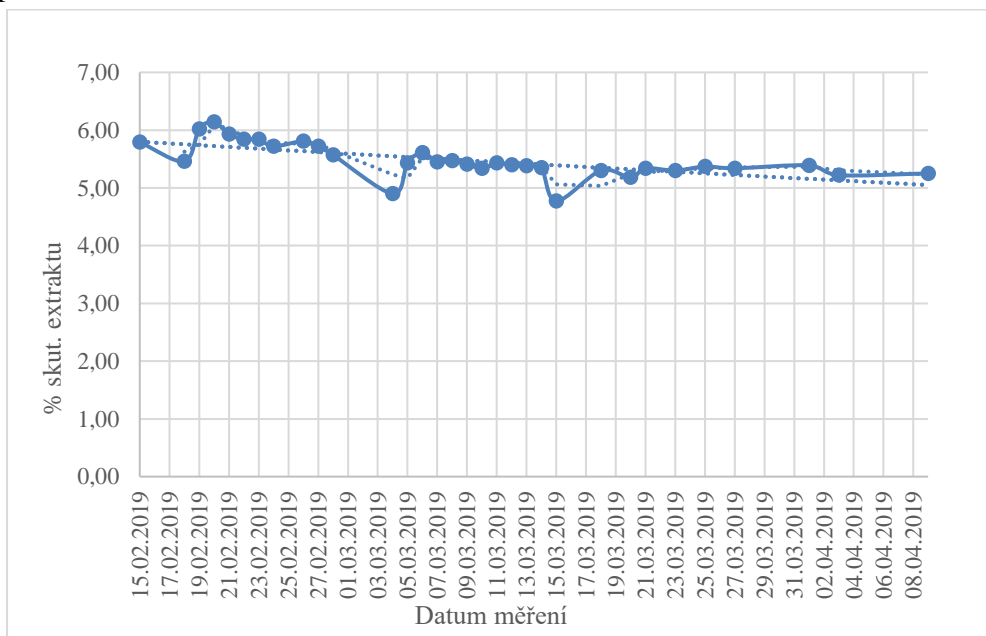
----- spojnice datové řady, spojnice trendu

Graf 15: Změny v obsahu alkoholu [obj. %] / u piva „14° SVĚTLÁ“ z Minipivovaru ZF JU



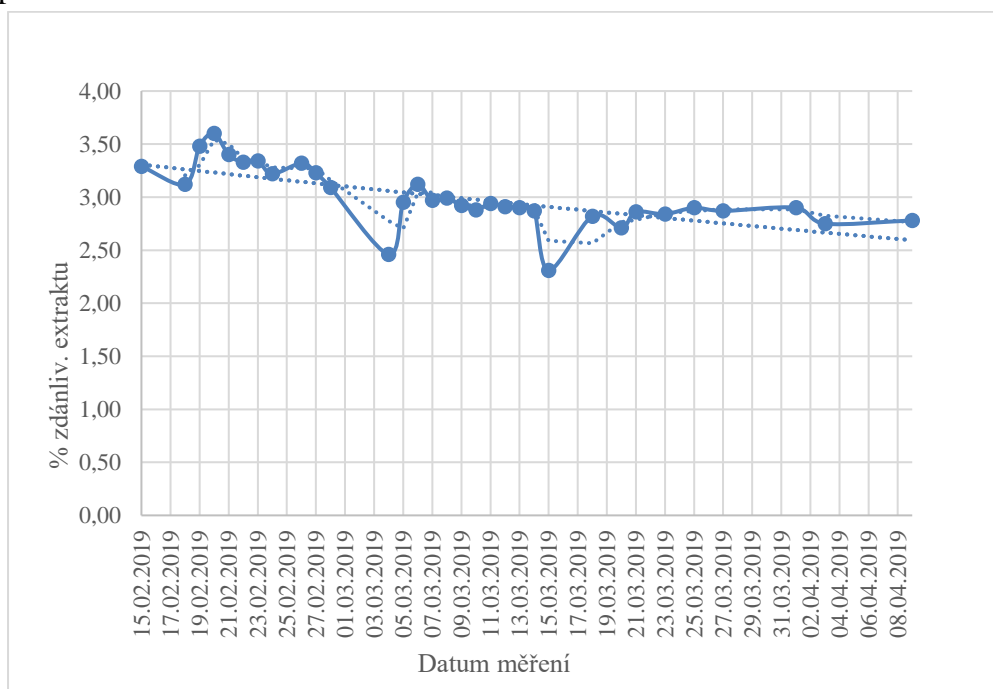
----- spojnice datové řady, spojnice trendu

Graf 16: Změny v obsahu skutečného extraktu [%] / u piva „14° SVĚTLÁ“ z Minipivovaru ZF JU



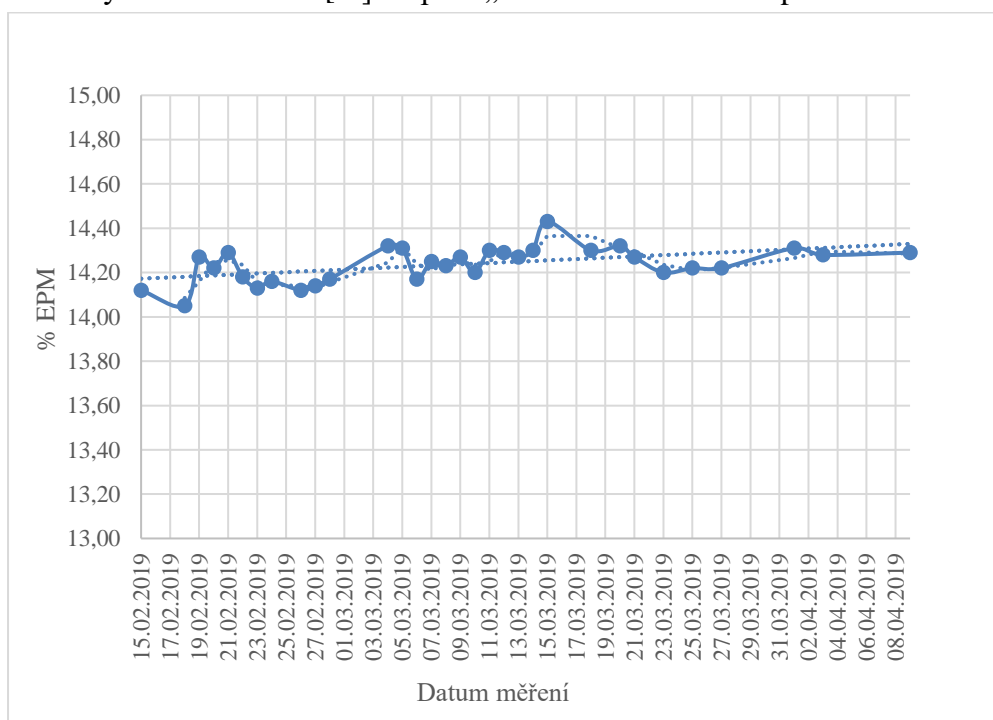
----- spojnice datové řady, spojnice trendu

Graf 17: Změny v obsahu zdánlivého extraktu [%] / u piva „14° SVĚTLÁ“ z Minipivovaru ZF JU



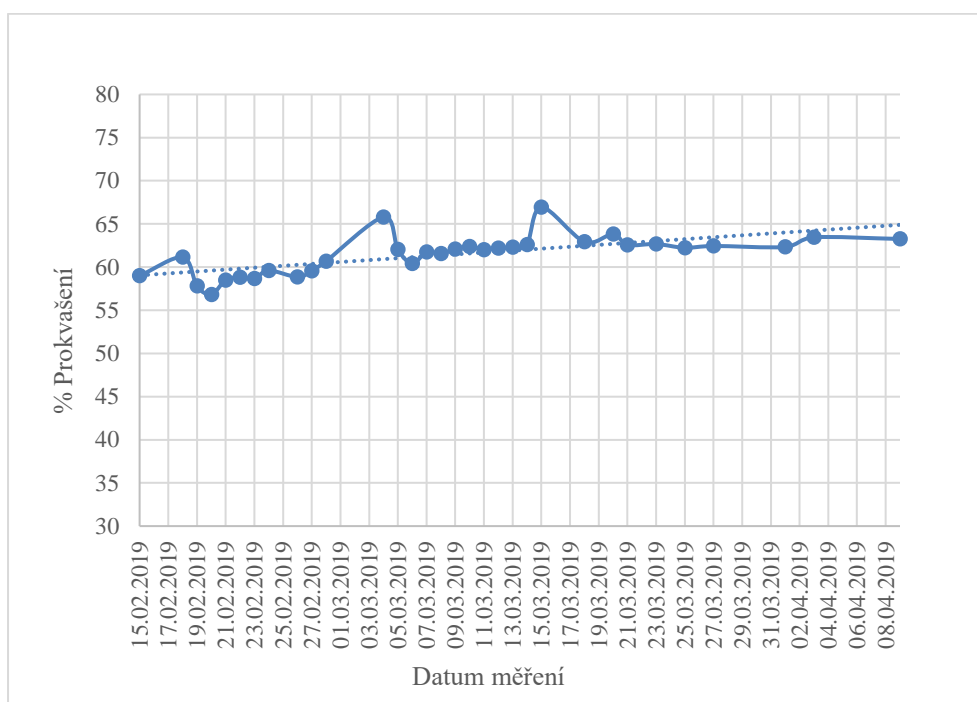
----- spojnice datové řady, spojnice trendu

Graf 18: Změny v obsahu EPM [%] / u piva „14° SVĚTLÁ“ z Minipivovaru ZF JU



----- spojnice datové řady, spojnice trendu

Graf 19: Změny stupně prokvašení [%] / u piva „14° SVĚTLÁ“ z Minipivovaru ZF JU



----- spojnice datové řady, spojnice trendu

Pires (2015) uvádí, že hlavní kvašení trvá nejčastěji 5 – 10 dní. Podle Basařové et al. (2010) dochází v této fázi výroby k nejvýraznějším změnám v rámci růstu obsahu alkoholu a s tím nepřímo úměrně klesajícímu podílu extraktu v pivo v průběhu bouřlivého kvašení. Tato fáze předchází samotnému zrání (ležení) piva, kdy se podle ní pivo číří a obsah alkoholu roste již jen velmi pozvolna v důsledku prokvašení zbytkového extraktu kvasnicemi, které zůstaly ve vzhledu. Z naměřených výsledků je patrné, že proces bouřlivého kvašení, kdy docházelo k významným změnám sledovaných ukazatelů, trval přibližně týden. Poté pivo neúměrně delší dobu dokvaší a zraje.

Doba zrání piva je podle Kučerové (2007) závislá na EPM piva. Čím vyšší je extrakt původní mladiny, tím déle pivo dozrává. Nejdéle dozrávalo 14° pivo, které mělo EPM nejvyšší. Pivo v průběhu zrání stále pozvolna prokvašelo, jak je patrné z rostoucí tendence křivky vyjadřující stupeň prokvašení piva.

5.1.2 Jakostní parametry piv z pivovaru Litovel, a.s.

Výsledky chemické analýzy, které jsou uvedeny v tabulkách č. 10 a 11 odpovídají z technologického hlediska pivům na konci zrání před stáčením. Jedná se o vzorky piv z ležáckých tanků (viz číslo tanku), které byly ihned po vzorkování přečerpány do tzv. přetlačných tanků, na které navazuje samotné stáčení piva.

Tabulka 10: Výsledky měření 12° piva z pivovaru Litovel, a.s.

Litovel Preium 12° pivo světlé							
Datum analýzy	Číslo tanku	Obsah alkoholu [hm %]	Obsah alkoholu [obj. %]	Skutečný extrakt [%]	Zdánlivý extrakt [%]	EPM [%]	Stupeň prokvašení piva [%]
13.5.	2	4,03	5,14	3,88	2,01	11,71	66,87
13.5.	9	4,19	5,33	3,58	1,65	11,71	69,43
15.5.	13	4,17	5,31	3,7	1,65	11,68	68,32
18.5.	3	4,19	5,33	3,59	1,65	11,72	69,37
19.5.	2	4,14	5,28	3,67	1,75	11,71	68,66
19.5.	12	4,26	5,42	3,54	1,58	11,81	70,03
19.5.	10	4,14	5,28	3,82	1,91	11,85	67,76
19.5.	7	4,2	5,35	3,61	1,68	11,77	69,33
25.5.	7	4,16	5,3	3,8	1,88	11,88	68,01
26.5.	6	4,15	5,29	3,9	1,98	11,94	67,34
27.5.	11	4,14	5,28	3,75	1,84	11,79	68,19
27.5.	4	4,12	5,34	3,62	1,68	11,76	69,22

Tabulka 11: Výsledky měření 13° piva z pivovaru Litovel, a.s.

Litovel Gustav 13° pivo polotmavé							
Datum analýzy	Číslo tanku	Obsah alkoholu [hm %]	Obsah alkoholu [obj. %]	Skutečný extrakt [%]	Zdánlivý extrakt [%]	EPM [%]	Stupeň prokvašení piva [%]
14.1.	3	4,46	5,71	4,98	2,94	13,56	63,27
21.1.	13	4,84	6,17	4,48	2,27	13,77	67,47
28.1.	5	4,63	5,92	4,64	2,52	13,55	65,76
26.2.	3	4,49	5,75	5	2,95	13,64	63,34
4.3.	11	4,62	5,9	4,75	2,64	13,62	65,12
10.3.	12	4,72	6,02	4,35	2,19	13,43	67,61
16.4.	3	4,89	6,24	4,2	1,97	13,6	69,12
22.4.	3	4,85	6,19	4,46	2,24	13,77	67,61
29.4.	6	4,68	5,97	4,79	2,65	13,76	65,19
20.5.	5	4,8	6,12	4,45	2,26	13,67	67,45

20.5.	12	4,83	6,17	4,38	2,18	13,67	67,96
28.5.	7	4,92	6,27	4,45	2,21	13,88	67,94

5.1.3 Jakostní parametry piv z tržní sítě

Výsledky analyzovaných piv pocházejících z tržní sítě jsou zaznamenány v tabulce č. 12.

Tabulka 12: Výsledky měření piv z tržní sítě

Vzorky 12°, 13°, 14° světlých piv						
Vzorek	Obsah alkoholu [hm %]	Obsah alkoholu [obj. %]	Skutečný extrakt [%]	Zdánlivý extrakt [%]	EPM [%]	Stupeň prokvašení piva [%]
Samson 12°	3,59	4,58	5,05	2,98	11,61	56,50
Svijanský kníže 13°	4,1	5,21	4,74	2,61	12,37	61,68
Svijanská kněžna 13°	3,66	4,69	5,94	3,67	12,44	52,25
Světlé pivo 14°	4,17	5,34	5,94	3,53	13,45	55,84

5.2 Vyhodnocení jakostních parametrů v závislosti na druhu piva a stadiu zrání

Vyhodnocení jakostních parametrů v závislosti na druhu piva a stadiu zrání bylo provedeno pouze v případě minipivovaru ZF JU. Výsledky analýzy statistické významnosti jsou zaznamenány v tabulkách č. 13 a 14.

Tabulka 13: Vyhodnocení vlivu jakostních parametrů piva v závislosti na druhu piva

		12° SVĚTLÁ (n = 27)	13° TMAVÁ (n = 34)	14° SVĚTLÁ (n = 32)	P
obsah alkoholu [hm %]	\bar{x}	3,45 ^a	3,91 ^b	4,76 ^c	0,0000
	s_x	0,96	0,71	0,15	
	min	0,39	0,61	4,49	
	max	4,12	4,46	5,15	
obsah alkoholu [obj. %]	\bar{x}	4,43 ^a	5,01 ^b	6,05 ^c	0,0000
	s_x	1,14	0,84	0,18	
	min	0,83	1,12	5,73	
	max	5,23	5,67	6,52	
skutečný extrakt [%]	\bar{x}	6,04	6,11	5,48	0,3040
	s_x	2,52	1,86	0,30	
	min	4,50	4,91	4,77	
	max	14,19	14,88	6,14	
zdánlivý extrakt [%]	\bar{x}	3,81	3,72	3,00	0,0936
	s_x	2,24	1,67	0,28	
	min	2,41	2,64	2,31	
	max	11,06	11,59	3,60	
EPM [%]	\bar{x}	12,12 ^a	13,0724 ^b	14,2375 ^c	0,0000
	s_x	0,12	0,13	0,08	
	min	11,89	12,83	14,05	
	max	12,48	13,49	14,43	
stupeň prokvašení [%]	\bar{x}	50,26 ^a	53,32 ^a	61,48 ^b	0,0058
	s_x	20,07	13,72	2,23	
	min	-13,70	-10,30	56,82	
	max	63,24	62,86	66,94	

^{a, b, c} průměry s odlišnými horními indexy v řádcích se liší na hladině významnosti $P < 0,05$

Při posouzení vlivu druhu analyzovaného piva (12° SVĚTLÁ, n = 27, 13° TMAVÁ, n = 34, 14° SVĚTLÁ, n = 32) byla prokázána statisticky vysoce významná závislost ($P < 0,001$) druhu piva na obsah alkoholu [hm % i obj. %] a EPM [%]. V případě stupně prokvašení byla statistická významnost nižší ($P < 0,01$). Při posouzení

vlivu druhu piva na hodnoty skutečného i zdánlivého extraktu [%] nebyla prokázána statistická závislost.

Pro případ posouzení vlivu fáze (stadia) zrání piva byla data analýz vzorků rozdělena do tří skupin. První fáze odpovídala z technologického hlediska fázi bouřlivého kvašení, kdy probíhaly největší změny u posuzovaných parametrů (n = 13). Druhá (n = 40) a třetí fáze (n = 40) odpovídaly z technologického hlediska dokvašování a zrání piva.

Tabulka 14: Vyhodnocení vlivu jakostních parametrů piva v závislosti na fázi kvašení a zrání piva

		1. FÁZE (n = 13)	2. FÁZE (n = 40)	3. FÁZE (n = 40)	P
obsah alkoholu [hm %]	\bar{x}	2,58 ^b	4,23 ^a	4,38 ^a	0,0000
	s_x	1,34 ^a	0,38	0,42	
	min	0,39	3,70	3,73	
	max	4,17	5,03	5,15	
obsah alkoholu [obj. %]	\bar{x}	3,43 ^b	5,40 ^a	5,58 ^a	0,0000
	s_x	1,59	0,48	0,52	
	min	0,83	4,73	4,76	
	max	5,32	6,38	6,52	
skutečný extrakt [%]	\bar{x}	9,00 ^a	5,49 ^b	5,24 ^b	0,0000
	s_x	3,34	0,33	0,27	
	min	5,43	4,75	4,50	
	max	14,88	6,14	5,59	
zdánlivý extrakt [%]	\bar{x}	6,30 ^a	3,17 ^b	2,92 ^b	0,0000
	s_x	3,07	0,26	0,22	
	min	2,89	2,46	2,31	
	max	11,59	3,72	3,29	
EPM [%]	\bar{x}	12,73	13,23	13,32	0,0965
	s_x	0,49	0,88	0,89	
	min	12,09	12,00	11,89	
	max	13,49	14,32	14,43	
stupeň prokvašení [%]	\bar{x}	29,27 ^b	58,39 ^a	60,52 ^a	0,0000
	s_x	26,07	2,31	2,41	
	min	-13,71	54,70	56,90	
	max	58,39	65,78	66,94	

^{a, b, c} průměry s odlišnými horními indexy v řádcích se liší na hladině významnosti $P < 0,05$

Analýzou dat byla prokázána statisticky vysoce významná závislost ($P < 0,001$) stadia zrání na všechny sledované parametry. Výjimku představuje pouze EPM [%], jehož hodnota se v závislosti na stadiu zrání statisticky významně nelišila.

Z podrobnější statistické analýzy vyplývá, že statisticky významné rozdíly byly zcela očekávaně prokázány především pro jakostní parametry piva v první fázi, zatímco výsledky analýz mezi druhou a třetí fází se nelišily. Tuto skutečnost potvrdili i další autoři. Basařová et al. (2010) uvádí, že při zrání piva dochází oproti hlavnímu kvašení pouze k pozvolnému dokvácení zbytkového extraktu v pivu.

5.3 Porovnání jakostních parametrů sledovaných vzorků piv

V tabulce č. 16 jsou uvedeny hodnoty chemické analýzy. V případě piv z Minipivovaru ZF JU jde o hodnoty naměřené těsně před stáčením, stejně tak je tomu v případě vzorků z pivovaru Litovel, a.s. Tyto hodnoty jsou porovnány s pivy zakoupenými v tržní síti.

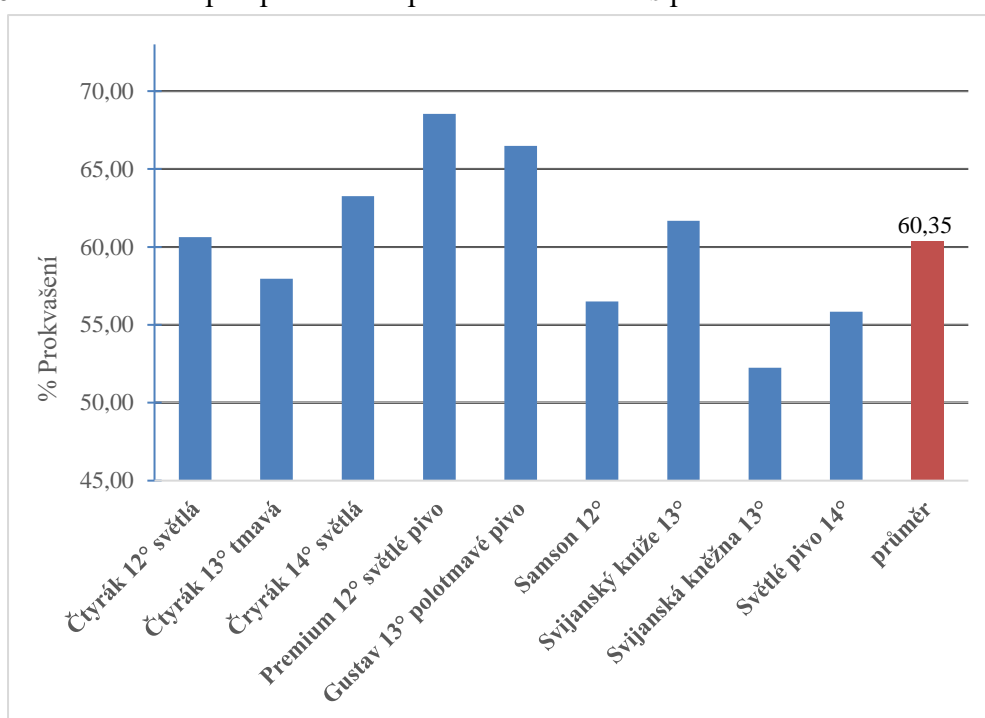
Tabulka 15: Porovnání vzorků 12° piv, 13° piv a 14° piv

Původ vzorku	Popis vzorku	Obsah alkoholu [hm %]	Obsah alkoholu [obj. %]	Skut. extrakt [%]	Zdánliv. extrakt [%]	EPM [%]	Stupeň prokvaš. [%]
12° piva							
Minipivovar ZF JU	Čtyrák 12° světlá	3,96	5,04	4,78	2,67	12,14	60,63
Pivovar Litovel, a.s. 1)	Premium 12° světlé pivo	4,16	5,30	3,71	1,77	11,78	68,54
Tržní síť ČR	Samson 12°	3,59	4,58	5,05	2,98	11,61	56,50
13° piva							
Minipivovar ZF JU	Čtyrák 13° tmavá	4,15	5,29	5,50	3,19	13,08	57,95
Pivovar Litovel, a.s. 1)	Gustav 13° polotm. pivo	4,73	6,04	4,58	2,42	13,66	66,49
Tržní síť ČR	Svijanský kníže 13°	4,10	5,21	4,74	2,61	12,37	61,68
	Svijanská kněžna 13°	3,66	4,69	5,94	3,67	12,44	52,25
14° piva							
Minipivovar ZF JU	Čtyrák 14° světlá	4,88	6,20	5,25	2,78	14,29	63,26
Tržní síť ČR	Světlé pivo 14°	4,17	5,34	5,94	3,53	13,45	55,84

1) hodnota v tabulce je průměrem z 12 ležáckých tanků

Graf č. 20 se věnuje srovnání prokvašenosti analyzovaných vzorků v porovnání s průměrnou hodnotou prokvašení $E(X) = 60,35$. Je patrné, že nejvyššího stupně prokvašení dosahují vzorky piva z pivovaru Litovel, a.s., naopak nejnižší stupeň prokvašení lze pozorovat u piv z tržní sítě s výjimkou piva Svijanský kníže 13°.

Graf 20: Porovnání stupně prokvašení piva všech vzorků s průměrem hodnot



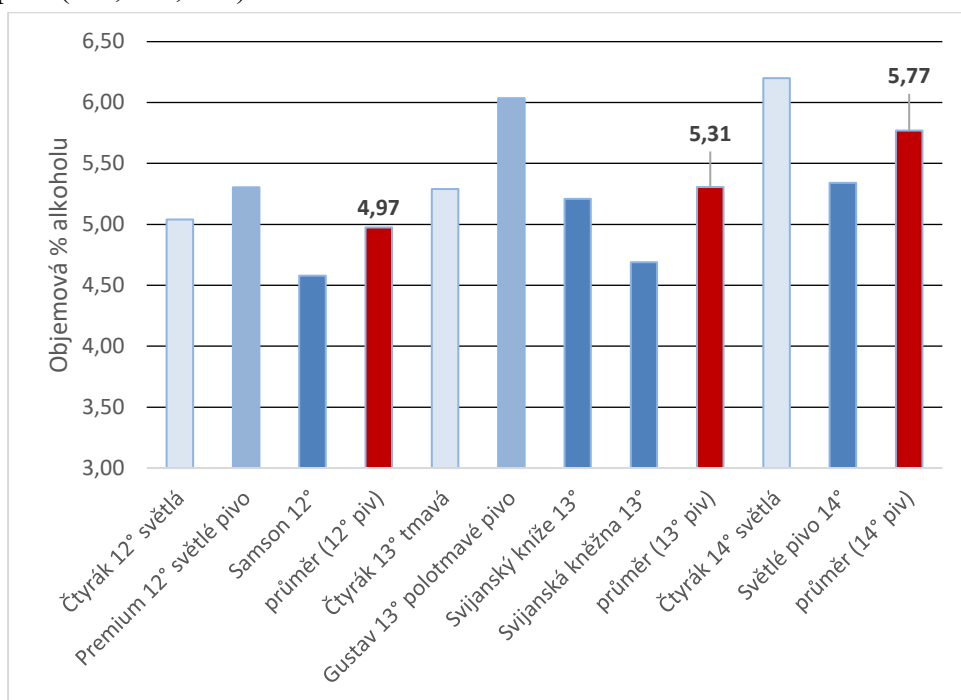
Stupeň prokvašení vyjadřuje v procentech úbytek původního zkvasitelného extraktu mladiny. Jeho hodnota je závislá na obsahu zkvasitelných sacharidů a na podmínkách při kvašení a dokvašování (Basařová, 1993). Hodnota obsahu zkvasitelných sacharidů je podle Basařové et al. (2010) závislá na technologii výroby piva předcházející procesům před zakvašením mladiny. Důležité je zejména optimální rozrušení sladového zrna a nastavení procesu rmutování, kdy dochází ke vzniku zkvasitelných cukrů. Rozdíly ve stupni prokvašení piva odpovídají rozdílům v technologii výroby. Nejvyššího stupně prokvašení dosahovaly vzorky piv z pivovaru Litovel, a.s. (Litovel Premium 12° světlé pivo – 68,54 %, Litovel Gustav 13° polotmavé pivo – 66,49 %).

Všechny naměřené hodnoty všech analyzovaných vzorků odpovídají chemickým požadavkům na pivo, které jsou uvedeny ve Vyhlášce Ministerstva zemědělství č. 248/2018 Sb. v platném znění. Pouze u vzorku Svijanská kněžna 13°

byla hodnota prokvašení 52,25 %. Hodnota tohoto vzorku se tak přibližuje minimální hranici pro skutečné prokvašení v % u spodně kvašených světlých piv, které dle výše zmíněné Vyhlášky činí 50 %.

Graf č. 21 zobrazuje srovnání jednotlivých druhů piv z hlediska objemových % alkoholu v pivo v porovnání s průměrem příslušného druhu piva, který odpovídá jeho stupňovitosti. Nejvyšších hodnot dosahují piva z pivovaru Litovel, a.s., nejnižších naopak piva z tržní sítě.

Graf 21: Porovnání objemových % alkoholu všech vzorků s průměrem příslušného druhu piva (12°, 13°, 14°)



Obsah alkoholu, který se v pivo vytvoří, závisí podle Bamfortha (2017) na množství zkvasitelných cukrů v mladině. Basařová et al. (2010) uvádí, že tyto cukry představují hlavní část extraktu původní mladiny (EPM). Množství alkoholu, který během kvašení vzniká, je tedy přímo úměrný množství extraktu původní mladiny a závisí na délce a kvalitě kvašení. Tím se rozumí zejména typ použitých kvasnic a jejich fyziologický stav. Různorodost objemových % alkoholu v analyzovaných vzorcích jednotlivých druhů piv (12°, 13°, 14°) odpovídá rozdílným hodnotám EPM v rámci těchto skupin. U 12° piv se pohybuje v rozmezí 11,61 % – 12,14 %, u 13° piv v rozmezí 12,37 % – 13,66 % a u 14° piv v rozmezí 13,45 % – 14,29 %.

6. ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo sledování průběhu změny vybraných ukazatelů různých druhů piv z minipivovaru v průběhu zrání. Vybranými jakostními parametry byly obsah alkoholu, skutečný a zdánlivý extrakt a extrakt původní mladiny (EPM). Dále byl u jednotlivých vzorků dopočítán stupeň prokvašení. Finální hodnoty byly porovnány s odpovídajícími druhy piv z průmyslového pivovaru a s pivy prodávanými v tržní síti v České republice.

Vzorky byly odebrány z Minipivovaru ZF JU, v pivovaru Litovel, a.s. a zakoupeny v supermarketu v České republice v průběhu roku 2019. Celkem bylo chemické analýze podrobena 93 vzorků ($n = 93$) z minipivovaru, 24 ($n = 24$) vzorků z pivovaru Litovel, a.s., které byly porovnány se čtyřmi ($n = 4$) vzorky piv z tržní sítě.

K zásadním změnám sledovaných jakostních parametrů vzorků z minipivovaru docházelo v průběhu bouřlivého kvašení. Naopak v průběhu zrání piva již docházelo jen k malým změnám. Statisticky významná závislost fáze výroby piva po zakvašení mladiny naopak nebyla prokázána u EPM ($P = 0,0965$). Druh piva ze statistického hlediska významně neovlivňoval změnu skutečného extraktu ($P = 0,3040$) a změnu zdánlivého extraktu ($P = 0,0936$). Jednotlivá piva zrála různě dlouhou dobu v závislosti na stupňovitosti. Nejdéle zrálo (53 dní) pivo 14° pivo „Čtyrák speciál světlá 14°“, nejkratší dobu (36 dní) pivo „Čtyrák světlý ležák 12°“.

Analyzované vzorky z Minipivovaru ZF JU a pivovaru Litovel, a.s. byly v rámci závěrečného porovnání posuzovány z hlediska technologie výroby v jednotném čase, tedy na konci zrání před stáčením. Při porovnání jednotlivých vzorků piv v závislosti na jejich stupňovitosti dosahovaly nejvyššího stupně prokvašení vzorky piv z pivovaru Litovel, a.s. („Litovel Premium 12°“ – 68,54 %, „Litovel Gustav 13°“ – 66,49 %). Tyto vzorky měly v daných kategoriích i nejvyšší množství alkoholu.

Všechny vzorky vyhovovaly parametrům Vyhlášení Ministerstva zemědělství č. 248/2018 Sb., kterou se stanoví chemické a fyzikální požadavky na jakost piva. Mezi jednotlivými vzorky však byly patrné rozdíly ve všech sledovaných jakostních parametrech. To je způsobeno rozdílnými podmínkami v průběhu zrání piva, které jsou tedy specifické v rámci jednotlivých výrob.

7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Literární zdroje:

BAMFORTH, C. W., ed., 2006. *Brewing: New Technologies*. Cambridge, England: Woodhead Publishing Limited. ISBN 978-1-84569-173-8.

BAMFORTH, Charles W. a Nicholas A. BOKULICH, ed., 2017. *Brewing Microbiology: Current Research, Omics and Microbial Ecology*. Ilustrované vydání. Davis: Caister Academic Press. ISBN 978-1-9101

BASAŘOVÁ, Gabriela a Ivo HLAVÁČEK. *České pivo*. 2. vyd. Praha: Nuga, 1999. ISBN 80-85903-08-3.

BASAŘOVÁ, Gabriela, [online] 2004 [cit. 2020-20-04]. *Pivovarství a kvasné technologie 2004*, 1. seminář. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. ISBN 80-7080-542-0. z: <https://ub.vscht.cz/files/uzel/0015570/sbor2004.pdf?redirected>

BASAŘOVÁ, Gabriela, 2010. *Pivovarství: teorie a praxe výroby piva*. Praha: Vydavatelství VŠCHT. ISBN 9788070807347.

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

BASAŘOVÁ, Gabriela. a kol. *Pivovarsko – sladařská analytika /3/*. Praha: Merkanta. 1993. Kapitola 6 Mladina.

BENDO VÁ, Olga a Miroslav KAHLER. *Pivovarské kvasinky*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1981.

BRUNING, Teb, HAMPSON, Tim, ed., 2019. *Microbrewers' Handbook*. 7th edition. Norwich: Paragraph Publishing. ISBN 978-19-998-4082-2.

ČEPIČKA, Jaroslav. *Obecná potravinářská technologie*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1995. ISBN 80-7080-239-1.

DOSTÁLOVÁ, Jana a Pavel KADLEC, 2014. *Potravinářské zbožíznalství: technologie potravin*. Ostrava: Key Publishing. Monografie (Key Publishing). ISBN 978-80-7418-208-2

DREDGE, Mark, WEST, Caroline, ed., 2014. *Craft Beer World: A guide to over 350 of the finest beers known to man*. New York: Ryland Peters & Small. ISBN 978-19-0931-337-8.

ELIÁŠEK, Jan, 2017. Pivo a pivovary Čech, Moravy a Slezska. Český Krumlov: MCU. VisitBohemia guide. ISBN 978-80-7339-326-7.

ESSLINGER, Hans Michael, ed., 2009. *Handbook of Brewing: Processes, Technology, Markets*. Weinheim: WILEY-WCH Verlag GmbH Co. ISBN 978-3-527-31674-8.

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

HLAVÁČEK, František a Alois LHOTSKÝ. *Pivovarství*. 2., přeprac. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1972. Řada potravinářské literatury.

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

CHODOUNSKÝ, František. *Pivovarství*. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, 2005. Encyklopedie pivovarství. ISBN 80-86576-15-9.

KADLEC, Pavel et al. *Technologie potravin II*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2002, ISBN 978-80-7080-510-7.

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

KUČEROVÁ, Jindřiška, Miloš PELIKÁN a Luděk HŘIVNA, 2007. *Zpracování a zbožiznalství rostlinných produktů*. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. ISBN 978-80-7375-088-6.

KUNATH, Brian. *Pivní bible*. Praha: Mladá fronta, 2012. ISBN 978-80-204-2665-9.

MOLL, M: *Beer & Coolers*, English ed. Andover Hampshire: Intercept LTD, 1994, ISBN 1-898 298-2.

NESVADBA, Václav [online]. 2002. [cit. 2016-06-03] *Humulus lupulus L.*. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/hnojeni_plodin/pdf/chmel.pdf

NOVOTNÝ, Petr, 2017. *Pivařka: tajemství domácího pivovarství*. V Brně: Jota. Populárně naučná. ISBN 978-80-7565-108-2.

PELIKÁN, M., SUKOVÁ, M., Hodnocení a využití rostlinných produktů (Návod do cvičení). Jihočeská univerzita, České Budějovice, 1998, s. 173. ISBN 80-7040-279-2

PIRES, Eduardo a Tomáš BRÁNYIK, 2015. *Biochemistry of Beer Fermentation: SpringerBriefs in Biochemistry and Molecular Biology*. London: Springer. ISBN 978-3-3191-5189-2.

PRIEST, F.G a I. CAMPBELL. *Brewing Microbiology*. 2nd ed. London: Chapman and Hall, 1996. ISBN 0-412-59150-2.

PRUGAR, Jaroslav. *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí*. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, 2008. ISBN 978-80-86576-28-2.

STAREC, Milan. *Pivovar Holba - 140 let*. Hanušovice: Pivovar Holba, c2014. ISBN 978-80-7458-058-1.

STEWART, Graham G. a Fergus G. Priest PRIEST, 2006. *Handbook of brewing*. Second edition. Boca Raton: CRC Press. ISBN 978-1-4200-1517-1.

STRATILÍK, Ondřej, 2018. *České minipivovary: kapesní průvodce pro milovníky dobrého piva*. Praha: Mladá fronta. ISBN 978-80-204-4823-1.

VERHOEF, Berry. *Velká encyklopedie piva*. Čestlice: Rebo Productions, 2003. ISBN 80-7234-283-5.

Vyhláška č. 60/2010 Sb. ze dne 15. února 2010, Vyhláška č. 60/2010 Sb., kterou se mění vyhláška č. 468/2003 Sb., o stanovení vzorce pro výpočet extraktu původní mladiny před zakvašením a metodách určení extraktu původní mladiny [cit. 2020-21-06] Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/print/cs/2010-60/zneni-20100401.htm?sil=1>

Zákon č. 110/1997 Sb. ze dne 24. dubna 1997, Zákon o potravinách a tabákových výrobcích, Vyhláška č. 248/2018 Sb. [cit. 2020-3-06] Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2003-353#cast3>

Zákon č. 353/2003 Sb. ze dne 26. září 2003, Zákon o spotřebních daních [cit. 2020-8-05] Dostupné z: <http://zakony.centrum.cz/zakon-o-spotrebnich-danich/cast-3-hlava-3-paragraf-82>

ZÝBRT, Věnek, 2005. *Velká kniha piva: vše o pivu*. Olomouc: Rubico. ISBN 80-7346-054-8.

Internetové zdroje:

Anton Paar GmbH [online] 2020 [cit. 2020-16-05] *Systém Alcoalyzer Beer*. Dostupné z: <https://www.anton-paar.com/cz-cs/produkty/detaily/system-alcoalyzer-beer/>

Beerweb [online] 2020 [cit. 2020-6-06] *Létající pivovar*. Dostupné z:
<https://beerweb.cz/o-pivu/letajici-pivovar>

České pivo. České zlato[online] 2020 [cit. 2020-18-04] *Schéma procesu výroby piva*.
Dostupné z: <http://ceskepivo-ceskezlato.cz/piva.php?on=opivu&pg=opivu18>

Funke-Dr.N. Gerber Labortechnik GmbH [online] 2020 [cit. 2020-16-05]
*FermentoFlash - Das Gerät für die automatische Analyse von Bier, The device for
the automatic analysis of beer*. Dostupné z: http://www.funke-gerber.de/FunkeGerber_Flyer_FermentoFlash_d_e_screen.pdf

Generální ředitelství cel a Český svaz pivovarů a sladoven, z.s., [online] 2020 [cit.
2020-21-05] *Výstav piva celkem (v tis. hl)*. Dostupné z: <http://ceske-pivo.cz/download/tiskove-zpravy/2020/csps20200520.pdf>

Minipivovar ZF JU [online] 2020 [cit. 2020-24-05] *Úvod, O nás*. Dostupné z:
<http://pivovar.zf.jcu.cz/> a <http://pivovar.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2018/10/Nab%C3%ADdkov%C3%BD-list-Pivovar-ZF-1.9.2018.pdf>

Svaz pěstitelů chmele České republiky [online]. 2017 [cit. 2020-3-06]. *Jedinečnost
Žateckého chmele*. Dostupné z
http://www.czhops.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=56&Itemid=63&lang=cs

Svaz pěstitelů chmele České republiky [online]. 2017 [cit. 2020-3-06]. *Pěstování
chmele*. Dostupné z:
www.czhops.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=55&Itemid=54&lang=cs

Ostatní:

Anonymous – osobní sdělení vedoucích pracovníků pivovaru Litovel a.s.

Osobní konzultace s panem Liborem Smutkem, sládkem Univerzitního minipivovaru
Zemědělské fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích

8. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Mapa oblastí pěstování chmele na území ČR.....	15
Obrázek 2: Kvasničná deka na povrchu kvasné nádoby v pivovaru Litovel.	17
Obrázek 3: Vzhled jednonádobové propagační stanice	21
Obrázek 4: Schéma výroby piva v pivovaru Budějovický Budvar, n.p.....	22
Obrázek 5: Budova Minipivovaru ZF JU.....	24
Obrázek 6: Varna Minipivovaru ZF JU	33
Obrázek 7: Automatický analyzátor FermentoFlash od firmy Funke - Gerber	37
Obrázek 8: Automatický analyzátor DMA 4500M + Alcoalyzer beer ME od firmy Anton Paar.....	39

9. SEZNAM TABULEK A GRAFŮ

Tabulka 1: Rozdělení pivovarů podle velikosti v závislosti na množství vyprodukovaného piva	23
Tabulka 2 Fyzikální a chemické požadavky na jakost piva.....	31
Tabulka 3: Aktuálně nabízený sortiment Minipivovaru ZF JU	32
Tabulka 4: Ověření metodiky zbavování vzorku CO ₂	36
Tabulka 5: Technické specifikace analyzátoru FermentoFlash	37
Tabulka 6: Technické specifikace analyzátoru DMA 4500M + Alcolyzer beer ME	39
Tabulka 7: Výsledky měření 12° piva z Minipivovaru ZF JU.....	42
Tabulka 8: Výsledky měření 13° tmavého piva z Minipivovaru ZF JU	46
Tabulka 9: Výsledky měření 14° piva z Minipivovaru ZF JU.....	51
Tabulka 10: Výsledky měření 12° piva z pivovaru Litovel, a.s.....	56
Tabulka 11: Výsledky měření 13° piva z pivovaru Litovel, a.s.....	56
Tabulka 12: Výsledky měření piv z tržní sítě	58
Tabulka 13: Vyhodnocení vlivu jakostních parametrů piva v závislosti na druhu piva	59
Tabulka 14: Vyhodnocení vlivu jakostních parametrů piva v závislosti na fázi kvašení a zrání piva	60
Tabulka 15: Porovnání vzorků 12° piv, 13° piv a 14° piv	62

Graf 1: Vývoj výstavu českých pivovarů v letech 2009 – 2019	34
Graf 2: Změny v obsahu alkoholu [hm %] / u piva „12° SVĚTLÁ“ z Minipivovaru ZF JU	43
Graf 3: Změny v obsahu alkoholu [obj. %] / u piva „12° SVĚTLÁ“ z Minipivovaru ZF JU.....	43
Graf 4: Změny v obsahu skutečného extraktu [%] / u piva „12° SVĚTLÁ“ z Minipivovaru ZF JU	44
Graf 5: Změny v obsahu zdánlivého extraktu [%] / u piva „12° SVĚTLÁ“ z Minipivovaru ZF JU	44
Graf 6: Změny v obsahu EPM [%] / u piva „12° SVĚTLÁ“ z Minipivovaru ZF JU	45
Graf 7: Změny stupně prokvašení [%] / u piva „12° SVĚTLÁ“ z Minipivovaru ZF JU	45
Graf 8: Změny v obsahu alkoholu [hm %] / u piva „13° TMAVÁ“ z Minipivovaru ZF JU	47
Graf 9: Změny v obsahu alkoholu [obj. %] / u piva „13° TMAVÁ“ z Minipivovaru ZF JU	48
Graf 10: Změny v obsahu skutečného extraktu [%] / u piva „13° TMAVÁ“ z Minipivovaru ZF JU	48
Graf 11: Změny v obsahu zdánlivého extraktu [%] / u piva „13° TMAVÁ“ z Minipivovaru ZF JU	49
Graf 12: Změny v obsahu EPM [%] / u piva „13° TMAVÁ“ z Minipivovaru ZF JU	49
Graf 13: Změny stupně prokvašení [%] / u piva „13° TMAVÁ“ z Minipivovaru ZF JU	50
Graf 14: Změny v obsahu alkoholu [hm %] / u piva „14° SVĚTLÁ“ z Minipivovaru ZF JU.....	52
Graf 15: Změny v obsahu alkoholu [obj. %] / u piva „14° SVĚTLÁ“ z Minipivovaru ZF JU.....	53

Graf 16: Změny v obsahu skutečného extraktu [%] / u piva „14° SVĚTLÁ“ z Minipivovaru ZF JU.....	53
Graf 17: Změny v obsahu zdánlivého extraktu [%] / u piva „14° SVĚTLÁ“ z Minipivovaru ZF JU.....	54
Graf 18: Změny v obsahu EPM [%] / u piva „14° SVĚTLÁ“ z Minipivovaru ZF JU.....	54
Graf 19: Změny stupně prokvašení [%] / u piva „14° SVĚTLÁ“ z Minipivovaru ZF JU.....	55
Graf 20: Porovnání stupně prokvašení piva všech vzorků s průměrem hodnot.....	63
Graf 21: Porovnání objemových % alkoholu všech vzorků s průměrem příslušného druhu piva (12°, 13°, 14°).....	64