

# Stanovení vybraných markerů různých druhů pív

Martin Žilka

---

**Bakalářská práce  
2019**

 **Univerzita Tomáše Bati  
Fakulta technologická**

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

akademický rok: 2018/2019

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin Žilka**  
Osobní číslo: **T15070**  
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Chemie a technologie potravin – specializace Technologie mléka a mléčných výrobků**  
Forma studia: **kombinovaná**  
  
Téma práce: **Stanovení vybraných markerů různých druhů pív**

Zásady pro vypracování:

### I. Teoretická část

1. Zpracování literární rešerše s pomocí všech dostupných zdrojů.
2. Technologie piva a jeho složení.
3. Význam oxidu uhličitého a polyfenolů v pivu.

### II. Praktická část

1. Stanovení redoxního potenciálu, obsahu oxidu uhličitého a polyfenolů.
2. Vyhodnocení výsledků analýz a jejich porovnání u sledovaných druhů pív.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

- [1] **BASAŘOVÁ, G., ŠAVEL, J., BASAŘ, P., LEJSEK, T.**, Pivovarství-Teorie a praxe výroby piva; Vydavatelství VŠCHT Praha: Praha, 2010, ISBN 978-80-7080-734-7.
- [2] **KADLEC, Melzoch, VOLDŘICH a kol.**, Co byste měli vědět o výrobě potravin, VŠCHT Praha, 2009, Key Publishing s.r.o., ISBN 978-80-7418-060-6.
- [3] **BASAŘOVÁ, G. a kol.**, Pivovarsko-sladařská analytika 1-3, Merkanta s.r.o. Praha, 1993.
- [4] **Novotný, Petr a kol.**, Pivařka-Tajemství domácího pivovarství, Nakladatelství Jota s.r.o., 2017, ISBN 978-80-7565-108-2.
- [5] **Charles W. Bamworth**, Brewing Material and Process-a Practical Approach to Beer Excellence, Elsevier Science Publishing Co Inc, 2016, ISBN13(EAN):9780127999548.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Vladimíra Zemanová**  
Ústav technologie potravin

Datum zadání bakalářské práce: **2. února 2019**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15. května 2019**

Ve Zlíně dne 2. února 2019

L.S.

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.  
*děkan*

doc. Ing. Jiří Mlček, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

Příjmení a jméno: .....Žilka Martin..... Obor: 2901R018.....

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně .....6.5.2019.....

.....

---

<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevýdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

<sup>2)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

Tímto bych rád poděkoval svojí vedoucí práce paní Ing. Vladimíře Zemanové za cenné připomínky, rady a předání zkušeností jak v teoretické, tak v praktické části svojí bakalářské práce.

Dále bych chtěl poděkovat sládkům minipivovarů U císařské cesty v Prostějově a Harley pub v Otrokovicích za pomoc při odběru a dopravě vzorků do laboratoře.

Zvláštní poděkování patří mojí rodině, blízkým a přátelům za jejich trpělivost, podporu a pomoc po celou dobu mého studia na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně na fakultě technologické.

## **ABSTRAKT**

Ve své práci jsem sledoval množství vázaného oxidu uhličitého ve vybraných vzorcích piva, dále pak polyfenoly, jenž se podílí na koloidní nestabilitě piva, a především mají antioxidační význam, následně pH a redoxní potenciál. Cílem bylo sledovat významné markery v pivu, které mají význam v jeho kvalitě.

V teoretické části práce jsem se zabýval obecnými informacemi o pivu a jeho historii, rozdělením, technologií výroby, obsahem oxidu uhličitého, aktivní kyselostí a elektrickou vodivostí piva, a především významem polyfenolů v pivu.

V praktické části jsem analyzoval vybrané markery v laboratoři po jednotlivých týdnech zrání obvykle po jednom týdnu u vybraných vzorků piva. Výsledky, těchto analýz jsem graficky zpracoval a vyhodnotil.

Klíčová slova:

Pivo, oxid uhličitý, kvasinky, polyfenoly, zrání, redoxní potenciál, pH, ležácký tank.

## **ABSTRACT**

In my thesis, I monitored the amount of bound carbon dioxide in selected beer samples, polyphenols that contribute to the colloidal instability of beer, and above all have antioxidant significance, followed by pH and redox potential. The aim was to point out important markers in beer that are of importance in its quality.

In the theoretical part of the thesis I was dealing with general information about beer and its history, distribution, production technology, carbon dioxide content, active acidity and electric conductivity of beer, and especially the importance of polyphenols in beer.

In the practical part I analyzed selected markers in the laboratory after each week of maturation usually after one week for selected beer samples. The results, these analyzes I graphically processed and evaluated.

Keywords:

Beer, carbon dioxide, yeast, polyphenols, maturation, redox potential, pH, lager tank.



# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>11</b>
<b>1 TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>12</b>
<b>1 CHARAKTERISTIKA PIVA</b> .....	<b>13</b>
1.1    DEFINICE PIVA .....	13
1.2    HISTORIE VÝROBY PIVA.....	13
<b>2 LEGISLATIVA</b> .....	<b>15</b>
2.1.1    Pivo a nápoje na bázi piva.....	15
2.1.2    Označování piva.....	17
2.1.3    Požadavky na jakost.....	18
2.1.4    Uvádění do oběhu.....	18
<b>3 VÝROBA PIVA</b> .....	<b>19</b>
3.1    SUROVINY PRO VÝROBU .....	19
3.2    TECHNOLOGIE VÝROBY PIVA.....	20
3.3    VÝROBA SLADU.....	21
3.4    VAŘENÍ MLADINY .....	23
3.5    KVAŠENÍ MLADINY A DOKVÁŠENÍ MLADÉHO PIVA.....	24
3.6    DOKVAŠOVÁNÍ A ZRÁNÍ PIVA .....	25
3.7    ZÁVĚREČNÉ ÚPRAVY PIVA.....	26
3.7.1    Pasterizace piva .....	27
3.7.2    Stabilizace piva .....	27
3.7.3    Stáčení .....	28
<b>4 KVALITA PIVA</b> .....	<b>29</b>
4.1    OBSAH ZKVASITELNÉHO SUBSTRÁTU A CHUŤ PIVA .....	29
4.2    HODNOCENÍ PIVA PO SENZORICKÉ STRÁNCE .....	29
<b>5 ROZDĚLENÍ PIV</b> .....	<b>32</b>
5.1    ZÁKLADNÍ ČLENĚNÍ PIVA .....	32
5.1.1    Podskupiny piv .....	32
5.1.2    Rozdělení piv v České republice.....	32
5.1.3    Rozdělení piv podle způsobu kvašení .....	33
5.1.4    Rozdělení piv podle stupňovitosti.....	33
5.1.5    Rozdělení piv podle obsahu alkoholu .....	33
5.1.6    Rozdělení piv podle barvy.....	34
5.1.7    Rozdělení piv podle hořkosti .....	34
5.1.8    Rozdělení piv podle koncentrace mladiny .....	35
<b>6 CHEMICKÉ SLOŽENÍ PIVA</b> .....	<b>36</b>
<b>7 ANALYZOVANÉ MARKERY</b> .....	<b>38</b>

7.1	OXID UHLIČITÝ .....	38
7.1.1	Další využití oxidu uhličitého v potravinářství .....	39
7.1.2	Oxid uhličitý ze sensorického hlediska .....	39
7.1.3	Metody stanovení oxidu uhličitého .....	39
7.1.3.1	Manometrické metody .....	40
7.1.3.2	Expanzní metody stanovení obsahu oxidu uhličitého .....	40
7.1.3.3	Vodivostní metody .....	41
7.1.3.4	Titrační metody stanovení oxidu uhličitého .....	41
7.2	POLYFENOLY V PIVU .....	41
7.2.1	Metody stanovení polyfenolů .....	42
7.3	REDOXNÍ POTENCIÁL PIVA .....	43
7.4	AKTIVNÍ KYSELOST .....	43
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>44</b>
<b>8</b>	<b>ANALÝZY VYBRANÝCH MARKERŮ .....</b>	<b>45</b>
8.1	TITRAČNÍ METODA STANOVENÍ OXIDU UHLIČITÉHO .....	45
8.2	STANOVENÍ CELKOVÝCH POLYFENOLŮ POMOCÍ FOLIN – CIOCALTEUOVA ČINIDLA .....	45
8.3	STANOVENÍ AKTIVNÍ KYSELOSTI .....	46
8.4	STANOVENÍ REDOXNÍHO POTENCIÁLU .....	46
<b>9</b>	<b>VÝSLEDKY A DISKUSE .....</b>	<b>47</b>
9.1	ODBĚR VZORKŮ .....	47
9.2	VÝSLEDKY ANALÝZ .....	48
9.2.1	1. série vzorků .....	48
9.2.1.1	Oxid uhličitý .....	48
9.2.1.2	Polyfenoly .....	49
9.2.1.3	Aktivní kyselost .....	51
9.2.1.3	Redoxní potenciál .....	52
9.2.2	2. série analyzovaných vzorků .....	53
9.2.2.1	Oxid uhličitý .....	53
9.2.2.2	Polyfenoly .....	54
9.2.2.3	Aktivní kyselost .....	55
9.2.2.4	Redoxní potenciál .....	56
9.3	HODNOCENÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ .....	57
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>60</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>62</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>66</b>
	<b>SEZNAM FOTEK A OBRÁZKŮ .....</b>	<b>67</b>
	<b>SEZNAM GRAFŮ .....</b>	<b>68</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>69</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>70</b>

## ÚVOD

Češi na pivo nedají dopustit, je to náš národní nápoj. Kořeny jeho historie sahají až do doby 7. tisíciletí před naším letopočtem do oblasti Mezopotámie a jeho technologie výroby má spoustu kroků. Aby si ovšem pivo udrželo trvanlivost i správné sensorické znaky a působilo z fyziologického hlediska blahodárně na lidský organismus, je navázání oxidu uhličitého v pivu velmi důležité, stejně tak jsou důležité polyfenoly, jenž pivu dodávají antioxidační účinek a také aktivní kyselost-pH a redoxní potenciál, jež nám ukazují finální kvalitu konkrétního druhu piva. Proto se ve své práci zabývám analýzou těchto markerů, jejichž obsah významně ovlivňuje kvalitu piva, a oxid uhličitý jakožto kvantitativní znak, který ovlivňuje vlastnost piva říz.

V teoretické části popisuji obecnou definici piva, jeho historii výroby, technologii výroby od suroviny až po finální výrobek a jeho úpravy, rozdělení piv a také uvádím složení piva. Zmínil jsem i vitamíny, které pivo obsahuje, jakožto důležité esenciální látky pro člověka, a především jsem se zaměřil oxid uhličitý, polyfenoly, pH a redoxní potenciál.

Praktickou část jsem prováděl ve školní laboratoři.

Cílem práce bylo sledovat nárůst množství oxidu uhličitého ve vybraných vzorcích piva, zjistit a porovnat nasycenost ve vzorcích finálních produktů měřených piv, dále pak stanovit spektrofotometricky obsah polyfenolů v pivu a v neposlední řadě stanovit pH a redoxní potenciál konkrétních vzorků piv.

## **TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 CHARAKTERISTIKA PIVA

## 1.1 Definice piva

Pivo je nápoj připravený ze sladu, chmele a vody řízeným kvašením kulturními pivovarskými kvasinkami. Slad jako výchozí surovina se vyrábí ve sladovnách ze sladovnického ječmene naklíčením a hvozdním, neboť samotný ječmen neobsahuje dostatek enzymů a aromatických látek potřebných pro výrobu piva [1].

## 1.2 Historie výroby piva

Pivo se vyrábělo již v 7. tisíciletí před naším letopočtem v oblasti Mezopotámie. K objevu přispěla vlastně náhoda. Do nádoby, ve které skladovali lidé obilí, napršelo. Voda poté zkvasila, a když ji později objevili, byl v ní příjemný nápoj. Nejstarší objevený recept na výrobu piva je starý přes 5 tisíc let a je napsán na kamenné destičce.

V počátku pivo vyráběly výhradně ženy, teprve s výstavbou pivovarů otěže převzali muži. Nejstarší činný pivovar Weihenstephan se nachází nedaleko Mnichova, zlatavý mok vyrábí už od roku 1040. První zprávy o výrobě piva na českém území jsou z roku 993, kdy se pivo vyrábělo v Břevnovském klášteře.

Pivo se do lahví plnilo už ve starověkém Egyptě. Používání lahví na pivo doloženo v 16., 17. i 18. století, masivní rozvoj plnění piva do lahví však nastal až na začátku 20. století. V Čechách se poprvé začalo plnit pivo do skla v roce 1841 v pivovaru U Křížovníků na Starém Městě.

Po požití alkoholu se nemá řídit, platí to i pro pivo. K první dopravní nehodě způsobené po vypití piva došlo 2 tisíce let před naším letopočtem v Egyptě. Pivem posilněný vozataj přešel vestálskou kněžku z chrámu bohyně Hathor. Trest byl opravdu krutý. Vozku ukřižovali na dveře hospůdky, kde mu prodali pivo!

Češi se často chlubí, že vypijí nejvíce piva na světě. Je to pravda. Podle mezinárodních statistik za rok 2016 vypije každý Čech včetně kojenců průměrně 143 litrů piva za rok. Druzí jsou podle mezinárodních statistik Němci se 113 litry na obyvatele, třetí Rakušané se 108 litry. V posledních letech spotřeba piva klesá v "tradičních" zemích jako jsou Dánsko či Irsko [20].

Zajímavostí je, že ve starověku počet vypitých piv dokonce upravovaly zákony. Chamurapiho zákoník upravoval množství piva, kolik na osobu každý dostane, a to podle společenského postavení [2].

## 2 LEGISLATIVA

### Vyhláška č. 248/2018 Sb.

ze dne 24. října 2018

o požadavcích na nápoje, kvasný ocet a droždí Ministerstvo zemědělství stanoví podle § 18 odst. 1 písm. a), b), g) a h) zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, ve znění zákona č. 119/2000 Sb., zákona č. 306/2000 Sb., zákona č. 146/2002 Sb., zákona č. 131/2003 Sb., zákona č. 274/2003 Sb., zákona č. 316/2004 Sb., zákona č. 120/2008 Sb., zákona č. 139/2014 Sb. a zákona č. 180/2016 Sb.

Nová vyhláška nahrazuje vyhlášku Ministerstva zemědělství č.335/1997 Sb., ve znění pozdějších předpisů. Požadavky na nealkoholické nápoje a koncentráty k přípravě nealkoholických nápojů, ovocná vína, ostatní vína, cidr, perry, medovinu, pivo, konzumní líh, lihoviny, ostatní alkoholické nápoje, kvasný ocet a droždí jsou převzaty z této vyhlášky a zároveň přizpůsobeny přímo použitelným předpisům Evropské unie a technologickému vývoji v potravinářství. Potřeba některých změn a zpřesnění vyplynula také z praxe [8].

#### 2.1.1 Pivo a nápoje na bázi piva

Účelem této vyhlášky se rozumí:

Pivem je pěnivý nápoj vyrobený z kvašením mladiny připravené ze sladu, vody, neupraveného chmele, upraveného chmele nebo chmelových výrobků, který vedle kvasným procesem vzniklého etanolu a oxidu uhličitýho obsahuje i určité množství neprokvašeného extraktu; slad lze do výše jedné třetiny hmotnosti celkového extraktu původní mladiny nahradit extraktem zejména cukru, obilného škrobu, nesladovaných obilovin nebo rýže; u piv ochucených může být obsah alkoholu zvýšen přidávkem lihovin nebo ostatních alkoholických nápojů,

Sladem je obilná zrna ječmene nebo jiných obilovin, u nichž sladováním došlo k enzymatickým přeměnám endospermu a k vytvoření typických chuťových, aromatických a barvicích látek,

Spodně kvašeným pivem je pivo vyrobené za použití pivovarských kvasinek spodního kvašení,

Svrchně kvašeným pivem je pivo vyrobené za použití pivovarských kvasinek svrchního kvašení,

Světlým pivem je pivo vyrobené převážně ze světlých sladů,

Tmavým a polotmavým pivem je pivo vyrobené z tmavých sladů, sladů karamelových, případně barevných sladů ve směsi se světlými slady,

Řezaným pivem je pivo vyrobené při stáčení smísením světlých a tmavých piv,

Stolním pivem je pivo s extraktem původní mladiny do 6 % hmotnostních včetně,

Výčepním pivem je pivo s extraktem původní mladiny 7 až 10 % hmotnostních,

Ležákem je spodně kvašené pivo s extraktem původní mladiny 11 až 12 % hmotnostních,

Plným pivem je svrchně kvašené pivo s extraktem původní mladiny 11 až 12 % hmotnostních,

Silným pivem je pivo s extraktem původní mladiny 13 % hmotnostních a vyšším,

Nízkoalkoholickým pivem je pivo s obsahem alkoholu více než 0,5 % objemových a nejvýše 1,2 % objemových,

Nealkoholickým pivem je pivo s obsahem alkoholu nejvýše 0,5 % objemových,

Pivem z jiných obilovin je pivo vyrobené s podílem extraktu z použitého sladu jiné obiloviny než ječmene vyšším než jedna třetina hmotnosti extraktu,

Kvasnicovým pivem je pivo vyrobené dodatečným přídavkem čisté kvasničné kultury nebo podílu rozkvašené mladiny do hotového piva,

Ochuceným pivem je pivo vyrobené s přídavkem látek určených k aromatizaci, potravin a surovin s vlastním aromatem, lihovin nebo ostatních alkoholických nápojů uvedených v § 21; obsah alkoholu pocházejícího z lihovin a ostatních alkoholických nápojů přitom nesmí překročit obsah alkoholu v původním pivu,

Sladinou je výluh ze sladu získaný za použití pivovarské technologie,

Nápojem na bázi piva je kvašený sladový nápoj, míchaný nápoj z piva nebo atypický pivní nápoj,

Kvašeným sladovým nápojem je nápoj vyrobený ze sladiny pivovarskou technologií, který může být ochucený,



Míchaným nápojem z piva je nápoj vyrobený smícháním piva s nealkoholickým nápojem nebo s nápojovým koncentrátem pro přípravu nealkoholických nápojů,

Atypickým pivním nápojem je nápoj na bázi piva s modifikovaným podílem sladu nebo modifikovaným způsobem kvašení,

Typem nebo též stylem piva označení obvyklého způsobu produkce a surovinového složení podle postupů provozovaných v tradičních oblastech výroby v souladu s očekáváním spotřebitele [8].

### 2.1.2 Označování piva

Kromě údajů uvedených v nařízení o poskytování informací spotřebitelům, v zákoně a ve vyhlášce o některých způsobech označování potravin se u piva dále uvede:

Název druhu a skupiny; název skupiny lze upřesnit uvedením hodnoty extraktu původní mladiny vyjádřené číselným údajem v hmotnostních procentech,

Obsah alkoholu, jde-li o pivo nízkoalkoholické,

V názvu způsob kvašení, jde-li o pivo vyrobené svrchním kvašením nebo kvašením v lahvi,

V názvu údaj „nefiltrované“, pokud nebyly z piva odstraněny kvasnice,

V názvu údaj o barvě, pokud jde o pivo tmavé, polotmavé nebo řezané,

V názvu údaj „kvasnicové“, pokud jde o pivo kvasnicové,

V názvu údaj „ochucené“, pokud bylo pivo ochuceno,

V názvu údaj o druhu obiloviny, pokud bylo pivo vyrobeno z jiných obilovin,

Údaj o použití přírodní minerální vody, pokud byla k výrobě použita.

U nápojů na bázi piva se místo názvu druhu uvede název skupiny.

U míchaných nápojů z piva se ve složení uvede označení odpovídající skupině použitého piva, označení ochucující složky, se kterou je pivo mícháno, a jejich procentuální podíl. [8].

### **2.1.3 Požadavky na jakost**

Fyzikální, chemické a smyslové požadavky na jakost piva jsou uvedeny v přílohách č. 1, 2.

Tmavá a polotmavá piva nelze vyrábět přibarvováním světlých piv.

Chuť, vůně a ostatní smyslové požadavky na pivo a nápoje na bázi piva musí být charakteristické pro deklarovaný druh a skupinu výrobků a musí být bez cizích vůní a chutí [8].

### **2.1.4 Uvádění do oběhu**

Pivo a nápoje na bázi piva musí být chráněny před přímým slunečním světlem a poškozením vlivem mrazu [8].

## 3 VÝROBA PIVA

### 3.1 Suroviny pro výrobu

#### ➤ **Voda**

Pivovarnictví patří mezi průmyslová odvětví s největší spotřebou vody. Vody v pivovaru se dělí do tří skupin podle účelu použití:

#### 1) Varní voda

Varní voda je jedna ze základních surovin a musí splňovat požadavky na pitnou vodu, především z hlediska zdravotní a hygienické nezávadnosti. V pivu voda představuje 75 až 80 % hmotnosti podle druhu výrobků.

#### 2) Mycí a sterilační voda

Mycí a sterilační voda musí být prostá mikroorganismů, chemických kontaminantů a nesmí zapáchat. Vodu pro výplachy a sterilaci se doporučuje chlorovat.

#### 3) Provozní voda

Provozní voda musí odpovídat standardům stanoveným pro jednotlivé operace a zařízení. U vody používané při chlazení se někdy upravuje chemické složení i mikrobiologická čistota. Voda používaná pro přípravu mycích roztoků a při pasteraci by měla mít především nízký obsah anorganických iontů, vody používané pro výplachy zařízení a transportních nádob lahví a sudů musí být hygienicky nezávadné [11].

Pivovary mají co do činění s vinaři, pokud jde o rozměry příslušných plodin, v tomto případě především ječmene a chmele. Sezóny podle sezóny, odrůdy podle odrůdy, místa růstu, plodiny mohou být enormně odlišné [42].

#### ➤ **Sladovnický Ječmen-** „*Hordeum sp.*“

Sladovnický ječmen je naklíčené ječmenné zrno (speciálních pivovarských odrůd ječmene), ale může být i pšeničné či žitné, kterému je v určitém stádiu zastaveno klíčení, následně je usušeno a následně odstraněn klíček (sladový květ) a pro použití ve výrobě piva je namleto na určitou velikost.

Povaha a velikost mikroflóry ječmene závisí na polních podmínkách, za kterých byla plodina pěstována, a na posklizňové historii obilí. Mikroflóra zahrnuje bakterie, aktinomycety,

kvasinky a vláknité houby, které kontaminují a kolonizují obilí v poli, stejně jako jiné, zejména vláknité houby, které jsou spojeny se skladováním [44].

Proces výroby sladu sleduje tradiční postupy, které se vytvořily a osvědčily v dlouhodobé historii sladařství, zároveň však samozřejmě reflektuje moderní poznatky výzkumu a vědeckého vývoje, které umožňují u stále zachovaného základního principu výroby sladu zkrácení výrobních postupů, snížení nároků např. na spotřebu vody, energie, a především výrobu specifických druhů sladů pro jednotlivé typy piva [29].

➤ **Chmel-** „*Humulus lupulus*“

Chmel dodává pivu hořké a aromatické látky, působí rovněž dezinfekčně. Pivovary jej používají převážně ve formě chmelových peletek (chmelové granule), setkáme se však i s používáním chmelových šištic (hlávek), případně upravených chmelových produktů (extrakty, iso extrakty).

➤ **Pivovarské kvasinky-** „*Saccharomyces cerevisiae*“

Kvasnice mají zásadní vliv na výsledný produkt. Zkvašují cukr na ethanol a oxid uhličitý a po dosažení fáze primárního kvašení zůstává podíl nezkvašených sacharidů ve zrací kádi. Pivovary mají většinou vyšlechtěny vlastní kvasnice, které používají. Kvasnice se dají použít opakovaně několikrát za sebou, než jsou nahrazeny novými [12].

V průběhu fermentace dochází činností kvasinek ke zkvašování sacharidů a uvolnění oxidu uhličitého [39].

Stanovením mikrobiologické čistoty kvasnic se lze velmi dobře informovat o sanitačním stavu pivovaru. Mikrobiologickou čistotu kvasnic lze zvýšit jejich kyselým praním, někdy ovšem za cenu snížení jejich aktivity. V kvasnicích lze nalézt veškerou kontaminaci mladiny [11].

## 3.2 Technologie výroby piva

Pivo se vyrábí v pivovaru a technologie sestává ze tří velmi podstatných a důležitých výrobních úseků, zahrnujících řadu složitých mechanických, fyzikálně chemických a biochemických procesů:

1. vaření mladiny,
2. hlavní kvašení a zrání mladého piva,
3. dozrávání piva.

## Postup výroby piva

- 1) Naklíčené ječmenné zrna se nechá vysušit. Klíčení umožňuje snadnější přeměnu zrna škrobu na cukry.
- 2) Ve stádiu sladování se zrna zavádí do vody s určitým množstvím tepla. Teplo umožňuje přirozeným enzymům v obilí převést škroby na zkvasitelné cukry.
- 3) Sladová kaše se pak laťuje, v podstatě se odfiltruje, aby se odstranily pevné látky.
- 4) Zbývající kapalina se vaří. Chmel může být přidán jak na začátku vaření, tak v závislosti na druhu piva, které je vyrobeno na konci. Výsledkem varu se nazývá mladina.
- 5) Po filtraci se mladina ochladí na určitou teplotu, nasadí se kvasinky a začíná proces fermentace.
- 6) Fermentace může být prováděná v různých nádobách a může být následována kondicionáním. (další stárnutí od mrtvých kvasinkových buněk) nebo sekundární fermentací (např. V lahvích).
- 7) Po odčerpání prokvašená částí a stažení kvasnic ze dna získáme piva [25].

## 3.3 Výroba sladu

Cílem výroby sladu je aktivace enzymů a uvolnění aromatických a barevných látek do piva, které jsou nezbytné pro výrobu určeného druhu piva.

### Čištění a třídění ječmene

Čištění se provádí pro zbavení ječmene prachu, nečistot a přímísenin a roztřídění podle velikosti a kvantitativních znaků. Jen za těchto podmínek lze vyrobit dobře rozluštěné slady a zaručit nízké sladovací ztráty. K základnímu vybavení čistící třídící stanice sladoven patří dopravní zařízení, automatická registrační váha, aspirátor, triér, třídíče, magnet, odklasňovač a předčišťovací triér a jímače prachu (cyklóny, proudové filtry).

### Zrání ječmene

V této fázi dochází k odbourání inhibitorů klíčení, které trvá cca 6 týdnů. Poté následuje přechod ze stádia dormance do klíčení.

Oxidativním odbouráním inhibitorů klíčení (tzv. dormity) dojde k uvolnění stimulatorů klíčení gibberelinů.

## Máčení ječmene

Dojde ke zvýšení obsahu vody v zrně z 12 až 15 % na 42 až 48 %, je nezbytné pro enzymové pochody zajišťující klíčení, kde je důležitá přítomnost kyslíku pro aerobní dýchání zrna „ječmen se provzdušňuje, aby se neutopil“. Namáčení v nádavnících je proces, který trvá 2 dny.

## Klíčení ječmene

Při klíčení dochází k aktivaci, tvorbě enzymů a dosažení požadovaného stupně naklíčení („rozluštění“) při omezení ztrát růstem, takže v zárodečné části zrna se vyvíjejí zárodky kořínků, listů a využití zásobních látek z endospermu.

### ➤ Klíčení klasickým způsobem

Toto klíčení probíhá na humnech, což jsou hladké podlahy v prostorných místnostech s větráním, na hromadách ve vrstvě asi 80 cm při teplotě asi 14 °C, po dobu 5-7 dní.

Čtyři dny klíčení, ve kterých dochází ke vzniku následujících produktů, jsou:

1. den – mokrá hromada,
2. den – pukavka,
3. den – mladík,
4. den – tzv. vyrovnaná hromada, která se musí během klíčení převracet, aby se ječmen vyvětral, „vydýchal“.

## Hvozdění

Je to přeměna zeleného sladu na hotový slad (2 dny), což vede ke snížení obsahu vody ve sladu pod 4 % a k zastavení vegetačních pochodů při zachování požadované enzymové aktivity a vytvoření chuťových, barevných a oxidoredukčních látek.

U hvozdění rozlišujeme 2 fáze:

v první fázi dochází k šetrnému sušení v nadbytku vzduchu při teplotách 20 - 60 °C,

ve druhé fázi dochází k dosoušení slabým proudem horkého vzduchu při teplotách 40 – 80 °C u světlého sladu, a při teplotách 105 - 180 °C u karamelového (polotmavého) sladu, a při teplotách 210 – 235 °C pražením u tmavého (barvícího) sladu. Dojde k odkličování. Odkličování znamená odstranění kořínků a klíčků na tzv. sladový květ který se používá na

krmné a farmaceutické účely, pro vysoký obsah minerálních a stopových prvků, a vzniká takzvaný hotový slad, a ještě 6 týdnů se nechá odležet v chlazených sladových půdách.

### 3.4 Vaření mladiny

Výroba mladiny probíhá na varně. Zařízení varny bývá vyrobeno buď z mědi, nebo z nerezové oceli.

Vaření mladiny se sestává z následujících technologických úseků:

- šrotování sladu event. surogátů,
- vystírání sladového šrotu do vody,
- rmutování.

Dochází zde k postupnému zahřívání na technologicky významné teploty. Při 52 °C se štěpí bílkoviny, při 63 °C dochází ke ztekucení škrobu a při 75 °C dojde ke štěpení škrobu.

Používá se postup infuzní (jednodušší – svrchní kvašení) a postup dekokční (opakované po částech – spodní). Získáme výsledný rmut, což je sladina + mláto, ve kterém je sladina oddělena scezením na scezovací kádi. Poté dochází ke scezování sladiny a vyslazování sladového mlát. Scezené mláto se používá jako krmivo. Nakonec k zahřátí sladiny na teplotu a následný chmelovar a poté chlazení vzniklé mladiny na zákvasnou teplotu, která je 4-20 °C dle typu piva [1].

Následující tabulka patří k technologickému procesu výroby piva rmutování [11].

*Tabulka č. 1 Optimální teploty a pH enzymů používaných při rmutování*

<b>Enzymová aktivita</b>	<b>Rozsah optimálních hodnot pH</b>	<b>Rozsah optimálních hodnot teplot (°C)</b>
<b><math>\alpha</math>-amylasa</b>	5,0 - 7,5	60 - 80
<b><math>\beta</math>-glukanasa</b>	5,0 - 7,5	50 - 55
<b>neutrální proteasa</b>	5,0 - 7,5	50 - 57

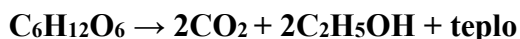
### 3.5 Kvašení mladiny a dokvášení mladého piva

Fermentace je proces, kterým kvasinky přeměňují glukózu v mladině na ethylalkohol a plynný oxid uhličitý [31].

Pro kvašení mladiny se používá buď svrchních pivovarských kvasinek (*Saccharomyces cerevisiae*) při teplotách kvašení až 24 °C nebo spodních pivovarských kvasinek (*Saccharomyces uvarum*) při teplotách kvašení 6 až 12 °C. Kvašení mladiny je při klasické technologii rozděleno do dvou fází.

#### Hlavní kvašení

Hlavní kvašení se obvykle provádí v otevřených kvasných kádích, případně uzavřených kvasných tancích (CK- tanky) spodními či svrchními pivovarskými kvasinkami. Nejdůležitějšími reakcemi hlavního kvašení jsou přeměny zkvasitelných sacharidů na ethanol a oxid uhličitý anaerobním kvašením podle chemické rovnice: [11]



$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  je zkvasitelná hexosa

Kvašení trvá 5-14 dní podle stupňovitosti vyráběného piva. Maximální teplota kvasící mladiny se udržuje na 12 °C u spodního kvašení 15-25 °C u svrchního kvašení. Po dosažení žádaného prokvašení se mladina ochladí na 5-7 °C a mladé pivo je poté sesudováno do ležáckého sklepa.

#### Primární kvašení

Probíhá po přidání suspenze pivovarských kvasnic do mladiny. Je to aerobní proces (pro začátek aerace pro syntézu ergosterolu) tzv. Crabtreeho efekt což znamená, že kvasinky nejsou schopny dýchání v přítomnosti vysoké koncentrace sacharidů a dojde k porušení struktury mitochondrií a přechodu na ethanolové kvašení.

#### Sekundární kvašení (dny-měsíce)

Skládá se z metabolismu residuálních kvasinek a chemických reakcí. Hlavní proces je zde přeměna diacetylu (máslová příchut') na acetoin. Současně se v malé míře tvoří i vedlejší kvasné produkty, alifatické alkoholy, aldehydy, diketony, mastné kyseliny a estery. Všechny tyto látky a jejich vzájemný poměr spoluvytváří chuť a aroma piva.

V průběhu hlavního kvašení v kádích umístěných v chlazených místnostech zvaných spilka se rozlišuje několik stadií. Brzo po zakvašení dochází k zaprašování, kdy se objevuje první



bílá pěna na povrchu kvasící mladiny. Následuje odrážení, při němž pěna houstne a je vytlačována do středu kvasné kádě. Nízké bílé kroužky představují hustou smetanovou pěnu, s kučeravým povrchem a jsou stádiem nejintenzivnějšího kvašení.

Vysoké hnědé kroužky jsou způsobeny poklesem pH a vyflotováním vyloučených chmelových a tříslo-bílkovinných sloučenin. Propadání deky je charakterizováno útlumem kvasnic a jejich postupným snižováním kvasné aktivity.

Na konci kvašení spodní kvasinky sedimentují na dno a po stáhnutí piva se sbírají, propírají se studenou vodou a znovu se nasazují.



*Foto č. 1 Kvašení piva a hnědé kroužky na povrchu*

### **3.6 Dokvašování a zrání piva**

Dokvašování probíhá v ležáckém sklepě v uzavřených ležáckých tancích. Dochází k pozvolnému dokvášení piva při teplotách 1–5 °C. Spotřebovávají se zbytkové cukry (cukr, dextróza, maltóza). Současně se pivo čirí, zraje a sytí se pod tlakem vznikajícího oxidu uhličitého. Oxid uhličitý se pak hromadí v prostorách nad pivem.

Oxid uhličitý se váže na bílkovinné složky, což způsobuje charakteristický říz piva. Doba ležení je závislá na typu piva. U běžných piv do koncentrace mladiny 10 % bývá doba ležení 3 týdny, pro speciální a exportní piva se zvyšuje až na několik měsíců.

### ➤ **Jednofázové kvašení**

Ve fázi jednofázového kvašení probíhá hlavní kvašení i dokvašování v jedné nádobě, obvykle v cylindrokónických velkoobjemových tancích, představuje nejmodernější technologii pivovarského kvašení s velkými nároky na dodržování technologického postupu i na hygienu a sanitaci, ale s výraznými ekonomickými přednostmi [1].

## **3.7 Závěrečné úpravy piva**

### **Filtrace**

Filtrační proces má za cíl odstranit z piva kalící látky hlavně kvasnice a docílit požadované čirosti 0,2 až 0,4 j. EBC. Nejčastěji se používá filtrace s přídavkem křemeliny do kalného piva. Křemelina vytváří na pevných přepážkách filtrační vrstvu, ve které se zachycuje jemný kal.

Filtrace se provádí na křemelinových svíčkových a deskových filtrech různé konstrukce. Pro dosažení vysoké biologické stability se používají i tzv. EK-filtry, kde je pivo filtrováno přes celulosové desky. Všechny filtry pracují na stejném principu, tj. filtrační vrstva se vytváří z křemeliny naplavením na pevné přepážky. Rozdíly jsou pouze v mechanickém uspořádání filtru a způsobu jeho čištění.

Univerzálním a nejčastěji používaným filtrem je filtr svíčkový. Technologický postup filtrace je cyklický a je zhruba následující [1].

### **Naplavování filtru**

Do vyčištěného a uzavřeného filtru se vhání pivo s přídavkem křemeliny a filtrát se vrací zpátky do dávkovače křemeliny tak dlouho, dokud není čirý.

### **Vlastní filtrace**

Do filtru se vhání kalné pivo, do kterého se přidává stále křemelina (buď stále ve stejné koncentraci, nebo se její přídavek v průběhu procesu snižuje), zfiltrované pivo se odvádí do takzvaných přetlačných tanků; v průběhu filtrace se vlivem tvorby filtračního koláče snižuje filtrační rychlost, což se obvykle kompenzuje postupným zvyšováním tlaku na vstupu do filtru.

## Konec filtrace

Proces se ukončí, jestliže tlak na vstupu do filtru již nelze zvyšovat.

## Čištění filtru

Filtr se otevře, filtrační koláč se odstraní (vede se obvykle do stanice pro regeneraci křemelinu), filtr se vymyje, uzavře, vysanituje a připraví pro další cyklus.



Obr. č. 1 Svíčkový filtr a filtrace piva [18]

### 3.7.1 Pasterizace piva

Pasterizace je proces tepelného ošetření piva, který inhibuje růst potenciálních mikroorganismů zkázy piva a prodlužuje trvanlivost piva. Pojmenován podle velkého francouzského vědce Louise Pasteura, který dokázal prodloužit kvalitu pití piva tím, že držel pivo na krátkou dobu při teplotě 55 °C - 60 °C (131 °F – 140 °F) [29].

### 3.7.2 Stabilizace piva

Stabilizace piva se provádí u exportních i klasických piv, kdy je nezbytné zaručit mnohaměsíční trvanlivost. Používají se stabilizátory srážecí (tanin), adsorpční (silikagel, polyvinylpyrrolidon), enzymové (papain) a antioxidační (kyselina askorbová). Použití stabilizátorů je v některých zemích omezeno zákonnými předpisy. Stabilizátory se do piva přidávají nejčastěji před koncem dokvašování či dávkování při filtraci, aby se případně vyloučené látky odstranily při filtraci.

### 3.7.3 Stáčení

Pivo se stáčí do transportních obalů

- sudy
- láhve



Obr. č. 2 Stáčení piva do lahví [17]



Obr. č. 3 Stáčení piva do sudů [16]

## 4 KVALITA PIVA

### 4.1 Obsah zkvasitelného substrátu a chuť piva

Když se řekne obsah zkvasitelného substrátu, zní to možná dost odtažitě, avšak konzumenti piva jsou zvyklí tento výraz používat. Obsah zkvasitelného extraktu určuje, jestli jde o pivo „desítku“, „dvanáctku“ nebo ještě silnější speciál. A také to, jakou část ceny piva bude tvořit spotřební daň.

Pro pivaře, na rozdíl od státu a pivovarů, není až tak důležité znát přesné číslo. „Plus nebo minus 0,3 % obsahu extraktu nerozezná ani zkušený degustátor,“ říká Jan Veselý, výkonný ředitel Českého svazu pivovarů a sladoven. Jde o to, kolik cukrů je v mladině přichystáno pro kvasinky. Vzhledem k tomu, že právě pivovarské kvasnice dávají pivu díky rozkladu cukrů obsah alkoholu, ale také dotvářejí jeho chuť a sytí jej oxidem uhličitým, aby mělo správný říz, je to údaj, který vypovídá o mnohém [3].

### 4.2 Hodnocení piva po senzoričké stránce

Posuzování vůně a chuti piva se nazývá senzoričkým hodnocením piv. Senzoričké hodnocení piv by měla provádět degustační komise. Jsou to pracovníci, kteří využívají senzoričké vjemy k vykonávání této činnosti a jsou řádně proškoleni.

Vlastnosti piva se zkoumají zrakem, čichem i chutí. Barvu a pěnivost rozpoznáme orgánem zraku. Další důležité smysly jsou čichové a chuťové. Existuje pět základních chutí, a to jsou sladká, slaná, hořká, kyselá, a umami. Složitější chutě jsou kombinací těchto pěti základních chutí.

Celková vůně piva by měla být sladěna do vyváženého celku, ze kterého nevyčnívá žádné nepříjemné aroma. Vůně piva může být ovlivněna některými nepříjemnými vůněmi, které se do piva dostanou buď použitím nekvalitních surovin, špatným technologickým postupem na varně nebo nedodržením teplot v úseku kvašení a dokvašování.

#### Senzoričké vjemy vnímané v pivu

- 1) Hořká chuť v pivu velmi žádoucí. Hořkost tvoří silice obsažené v chmelu.

Hodnotí se: intenzita, charakter a doznívání

- 2) Sladká chuť znamená, že pivo obsahuje zbytkové, nezkvašené sacharidy.



- 3) Kyselá chuť by měla být nevýrazná a je způsobena přítomností jednoduchých organických kyselin. Výrazná kyselost je známkou kontaminace (neplatí u spontánně kvašených piv).
- 4) Slaná chuť je nositelem slané chuti může být varní voda, nebo slad. Většinou se neprojevuje.
- 5) Chmelová vůně v pivu opět velmi žádoucí. Chmelové vůně tvoří silice obsažené v chmelu. Intenzita a druh vůně se odvíjí z použitého chmelového produktu a z technologie výroby.
- 6) Esterová vůně je způsobena hlavně kvašením, z chmele až v druhé řadě (díky specifickým druhům a díky způsobu použití chmele při výrobě).
- 7) Karamelová vůně se objevuje v případě polotmavých a tmavých piv a je velmi žádoucí.
- 8) Plnost - žádná, velmi slabá, slabá, střední, silná, velmi silná [9].

Cizích vůní a chutí piva je zmapováno něco kolem třiceti druh [13].

Mezi nejčastěji cizí vůně a chuti piva patří:

Chuť po ethylacetátu. Pod tímto pojmem si představíme chuť piva, která chutná po ovoci, parfému nebo rozpouštědlu. Tato chuť je tvořená zvýšeným obsahem esterů v pivu. Tyto estery se nám vytvoří při vyšší teplotě kvašení nebo špatné volbě kvasničného kmene.

Chuť po diacetylu. Tato chuť se nejčastěji popisuje jako máselná. Také může někdo cítit tvaroh nebo syrovátku. Tato negativní chuť piva se tvoří při kvašení piva, a to nedostatkem kvasnic, či vedením při vysokých teplotách kvašení, které při kvašení diacetyl neodbourají. A druhou možností, jak se nám v pivu může vyskytnout diacetyl, je kontaminace piva laktobacily.

Dimethylsulfidová chuť (DMS) je chuť přirovnávána k chuti vařené zeleniny, vařené kapustě nebo celeru. Tato chuť je způsobena zvýšeným obsahem některých sirných sloučenin. Tyto látky vznikají při nedostatečném dotažení sladu ve sladovně, krátkým provařením mladiny nebo kontaminací při výrobě.

Fenolová, chlorofenolová chuť v pivu vzniká špatným vypláchnutím dezinfekčních prostředků používaných na dezinfekci jak varny, tak nádob na kvašení nebo při vyplachování sudů. Chlorofenolová vzniká při použití chlorované vody na varně.

Kvasničná chuť, jak je již patrné z názvu, vzniká z kvasnic. Jedná se buď o vyšší množství kvasnic, které se přečerpá do tanku z kvasné kádě, nebo použití oslabených mnohokrát nasazených kvasnic, či příliš živá dokvašování. Tato chuť se často vyskytuje u nefiltrovaných piv z minipivovarů a u některých lidí je i vyhledávaná.

Nakyslá, či kyselá chuť znamená bakteriální kontaminaci při výrobě piva. Výskyt kontaminace je doprovázen zvýšeným obsahem kyseliny octové nebo mléčné. Po napití je možné cítit klasickou nakyslou až kyselou chuť piva.

Acetaldehydová chuť mladého piva. Tato chuť se postupně odbourává při dokvašování piva. Pro představu chuti se tato chuť přirovnává k zelenému jablku. Může také vznikat kontaminací mladiny divokými kvasinkami.

Vedlejších chutí a vůní je v pivu mnoho, ale záleží na každém člověku, jak jsou jeho vjemy nastaveny a kolik chutí a vůní umí rozpoznat a správně zařadit.

## 5 ROZDĚLENÍ PIV

### 5.1 Základní členění piva

- světlá
- polotmavá
- tmavá
- řezaná

#### 5.1.1 Podskupiny pív

- |                                |                 |
|--------------------------------|-----------------|
| ➤ výčepní                      | ➤ pšeničné      |
| ➤ ležáky                       | ➤ kvasnicové    |
| ➤ speciální                    | ➤ nealkoholické |
| ➤ porter                       | ➤ bylinné       |
| ➤ se sníženým obsahem alkoholu | ➤ lehké         |
| ➤ se sníženým obsahem cukru    |                 |

[21]

#### 5.1.2 Rozdělení pív v České republice

- |                            |                              |
|----------------------------|------------------------------|
| ➤ Světlé výčepní           | ➤ Pšeničná piva silná        |
| ➤ Český světlý ležák       | ➤ Speciální piva silná       |
| ➤ Polotmavý ležák          | ➤ Pale Ale                   |
| ➤ Tmavý ležák              | ➤ India Pale Ale             |
| ➤ Pšeničné pivo            | ➤ India Black Ale            |
| ➤ Světlé speciální pivo    | ➤ Silná svrchně kvašená piva |
| ➤ Polotmavé speciální pivo | ➤ Stout                      |
| ➤ Tmavé speciální pivo     |                              |

[4]



Pivo můžeme dále dělit podle následujících hledisek. [4]

- kvašení
- stupňovitost
- obsah alkoholu
- barva
- hořkost
- podle koncentrace mladiny

### **5.1.3 Rozdělení piv podle způsobu kvašení**

- spodně kvašené Ležák (Lager)
- svrchně kvašené (Ale)

### **5.1.4 Rozdělení piv podle stupňovitosti**

- Lehké pivo obsahuje max. 6,99 % EPM
- Výčepní pivo-rozmezí 7 až 10,99 % EPM
- Ležák pivo-rozmezí 11 až 12,99 % EPM
- Speciální pivo-13 % a více EPM
- Porter pivo-18 % (tmavá barva)

### **5.1.5 Rozdělení piv podle obsahu alkoholu**

- 8° — 3 % alkoholu
- 10° — 4 % alkoholu
- 12° — 5 % alkoholu
- 14° — 6 % alkoholu
- nealkoholické-maximálně 0,5 % alkoholu-legislativa
- se sníženým obsahem alkoholu-max. 1,2 % - legislativa
- Radler- 2 až 2,5 % alkoholu [19]

### 5.1.6 Rozdělení piv podle barvy

- světlé
- polotmavé
- tmavé

### 5.1.7 Rozdělení piv podle hořkosti

Hořkost piva určuje množství a druh chmele přidaného během chmelovaru. Hořkost měříme v IBU jednotkách (International bittering units). IBU je zkratka pro mezinárodní měřítko hořkosti jednotek, měřidlo hořkosti piva. Měření IBU jsou díly na milion isohumulonu nacházející se v pivu.

Isohumulone je kyselina nalezená v chmelu, která dává pivu hořké kousnutí. I když lze měřítko IBU použít jako obecnou směrnici pro chuť, s nižšími IBU odpovídajícími nižší hořkosti a naopak, je důležité poznamenat, že slad a jiné příchutě mohou zakrýt chuť hořkosti piva [37].

- 4–6 IBU Berliner Weisse
- 6–18 IBU weissbier
- 8–16 IBU American lager
- 12–24 IBU trapistická piva
- 16–24 IBU ležák
- 18–24 IBU tmavé pivo (černá jsou hořčí)
- 20–40 IBU porter
- 20–45 IBU bock
- 22–32 IBU Březňák (märzen)
- 24–48 IBU ležák plzeňského stylu
- 30–60 IBU stout
- 35–80 IPA (india pale ale)

[28]

### **5.1.8 Rozdělení piv podle koncentrace mladiny**

- piva výčepní čili konzumní
- ležáky
- piva speciální

Koncentrace mladiny je obsah zkvasitelného substrátu [20].

## 6 CHEMICKÉ SLOŽENÍ PIVA

Pivo obsahuje vodu, alkohol, sacharidy, bílkoviny, vlákninu, vitamíny, minerální látky, polyfenoly a hořké látky [6].

### Vitamíny v pivu

Navzdory mnoha variacím v pivních ingrediencích a jejich výrobním procesu jsou primárními vitamíny v pivu obvykle vitamíny B-komplexu. Můžete získat 5 až 10 procent své denní hodnoty pro vitamíny, jako je kyselina listová, niacin, riboflavin a vitamin B-6 v každé porci pravidelného piva. Konzumace těchto vitamínů je důležitá; Vitamíny B-komplexu jsou esenciální ve vodě rozpustné živiny. To znamená, že pro udržení zdraví je důležitá jejich každodenní konzumace [5].

### Minerální látky v pivu

Vápník, hořčík, železo, draslík, sodík, fosfor, selen, zinek, měď.

Obilniny, voda, chmel, kvasinky a podmínky zpracování mohou přispět k minerálnímu obsahu piva. Přibližně 75 % minerálů v pivu pochází ze sladu, zbývajících 25 % pak pochází z vody [6].

### Polyfenoly v pivu

Ve většině piv pochází přibližně 75 % celkových fenolů piva ze sladu a zbývajících 25 % pochází z chmele (viz tabulka III, „Potenciální extrakce fenolem, chmelem a ječmenem“). Ze všech fenolových sloučenin v pivu jsou asi 10–20 % monofenoly a flavanoidy, zatímco většina z nich jsou polyfenoly [38].

V posledním desetiletí vzrostl zájem o potenciální zdravotní přínosy polyfenolů z rostlinných zdrojů díky jejich pozorovaným antioxidačním a protizánětlivým účinkům. Epidemiologické studie a související metaanalýzy naznačují, že dlouhodobá konzumace potravin bohatých na rostlinné polyfenoly poskytuje ochranu proti rozvoji rakoviny, kardiovaskulárních onemocnění, diabetu, osteoporózy a neurodegenerativních onemocnění [6].

Polyfenoly obecně slouží jako přirozené antioxidanty, které zabraňují procesům stárnutí piva. Na druhou stranu mohou tvořit v pivu i nežádoucí látky např. s chlorem z vody [40].

### Vláknina v pivu

Rozpustná vláknina v pivu pochází z buněčných stěn ječmene a nestravitelné uhlohydráty ( $\beta$ -glukany a arabinoxylany) jsou největšími složkami dietní vlákniny [6].

### **Bílkoviny v pivu**

Protože pivo se obvykle vyrábí ze sladového ječmene nebo pšenice, bude proto obsahovat malá množství lepku. Pro osoby s diagnózou celiakie, je možnost koupě bezlepkového piva [6].

### **Hořké látky v pivu**

Co se týče hořkosti piva, přidávaný chmel je klíčový, protože jeho sloučeniny pocházejí z těch, které jsou příčinou hořké chuti. Chmel obsahuje organické sloučeniny zvané alfa a beta kyseliny. Většina hořkosti pochází z alfa kyselin, z nichž je mnoho, ale pět hlavních sloučenin: humulon, kohumulon, adhumulon, posthumulon a prehumulon. Během pivovarského procesu jsou degradovány za vzniku iso-alfa kyselin; tyto sloučeniny jsou rozpustnější a přispívají k velké hořkosti spojené s pivem [32].

## 7 ANALYZOVANÉ MARKERY

- Oxid uhličitý,
- Polyfenoly,
- Redoxní potenciál,
- Aktivní kyselost.

### 7.1 Oxid uhličitý

Oxid uhličitý je přirozenou součástí piva a patří mezi důležité ukazatele kvality piva. Poskytuje dlouhodobou ochranu proti kyslíku a účinně zabraňuje růstu aerobních mikroorganismů. Z hlediska nutričního je bezcennou látkou. Dosažení optimálního obsahu a zejména vázání rozpuštěného oxidu uhličitého v pivu má však zásadní vliv na fyziologii lidského trávení, sensorické vlastnosti piva, jeho trvanlivost a správný říz při stáčení. Část požadovaného množství oxidu uhličitého získá pivo v procesu hlavního kvašení a část při dokvašování.

Míra nasycení piva oxidem uhličitým je omezená, pivo může obsahovat pouze tolik oxidu uhličitého, kolik chemické složení a fyzikální vlastnosti piva dovolují. Proces vázání oxidu uhličitého v pivu je složitý, protože zahrnuje celou řadu dílčích vlivů. Rozlišit je nutno rozpouštění, přesycování (volný oxid uhličitý) a fyzikálně-chemické vázání. Kromě vlastností piva je rozpustnost oxidu uhličitého ovlivněna především teplotními a tlakovými poměry. S nižší teplotou a vyšším tlakem schopnost piva absorbovat oxid uhličitý vzrůstá. Množství vázaného oxidu uhličitého stoupá také s viskozitou piva. Jak bylo již dříve uvedeno, mezi další vlastnosti piva ovlivněné oxidem uhličitým patří jeho říz.

Říz piva patří k jeho významným a velmi obtížně definovatelným vlastnostem, neboť je výsledkem působení různých technologických, surovinových a zpracovatelských faktorů.

Podle definice se řízem piva rozumí štiplavý pocit, vyvolaný tímto nápojem v ústech a všeobecně se dává do souvislosti s nasycením piva oxidem uhličitým. Říz piva má výrazný vliv na oblibu piva a tím i na jeho konzumaci. Uplatňuje se nejen při uhašení fyziologické žízně konzumenta, ale zdůrazňuje u něho i pocit osvěžení. Přispívá bezesporu k souboru vlastností dobrého piva, které podle názorů starých sládků má vybízet k dalšímu napití.

Z fyziologického hlediska má oxid uhličitý vliv především na prokrvení ústní sliznice, zvýšení tvorby slin, povzbuzení produkce kyseliny chlorovodíkové v žaludeční sliznici, podporu vylučování látek odváděných močí ledvinami [7].

### **7.1.1 Další využití oxidu uhličitého v potravinářství**

Oxid uhličitý má mnoho dobře známých využití v potravinářském a nápojovém průmyslu. Od sycených nápojů a ochrany vína až po modifikovanou atmosféru pro balené potraviny. Suchý led se obvykle používá pro skladování a přepravu teplotně citlivých produktů, jako jsou zmrazené, chlazené potraviny nebo farmaceutické materiály. Dále se suchý led používá jako chladicí kapalina v potravinářském, chemickém, výzkumném a farmaceutickém průmyslu a je také mimořádně účinným a ekologicky šetrným čisticím prostředkem.

V zemědělství může být oxid uhličitý použit k posílení produkce ve sklenících a jako potrava pro řasy, které produkují bio-olej [14].

### **7.1.2 Oxid uhličitý ze sensorického hlediska**

Bublínky oxidu uhličitého ( $\text{CO}_2$ ) způsobují v ústech štiplavý pocit, který je v pivovarské terminologii označován jako tzv. „říz“. Tento jev spočívá zejména v působení oxidu uhličitého na trojklaný nerv. Přítomné bublinky aktivují tzv. mechanoreceptory (buňky citlivé na mechanické podráždění), a pomocí konverze na kyselinu uhličitou aktivují receptory bolesti (Dessirier, 2000). Bylo prokázáno, že obsah oxidu uhličitého ovlivňuje chuť piva, např. hořkost a sladkost (Clark, 2011) [10].

### **7.1.3 Metody stanovení oxidu uhličitého**

Ke stanovení obsahu oxidu uhličitého se využívá široká škála metod. Ty se liší v přesnosti, reprodukovatelnosti, pracnosti, jsou různě náročné na čas a v neposlední řadě kladou různé finanční nároky na provoz a pořízení potřebné instrumentace. Jedná se jak o metody chemické, např. desorpce oxidu uhličitého varem, zachycení v roztoku hydroxidu barnatého a následná titrace, tak i metody fyzikální, založené na měření tlaku a teploty, tepelné vodivosti nebo IR spekter.

Obecně platí, že obsah oxidu uhličitého v nápojích je velmi důležitou veličinou, která má často rozhodující vliv na jakost výrobků. Platí to tedy zejména u limonád, též u piva a šumivých vín. Z literatury známe značný počet metod stanovení oxidu uhličitého [15].

Rozdělujeme je na:

- manometrické metody,
- expanzní metody,
- vodivostní metody,
- titrační metody.

### ***7.1.3.1 Manometrické metody***

Manometrické metody jsou založeny na principu Henryho zákona, podle něhož je koncentrace rozpuštěného plynu v kapalině přímo úměrná jeho parciálnímu tlaku nad hladinou. Po zbavení oxidu uhličitého z piva vytřepáním nebo ultrazvukem se obsah oxidu uhličitého stanoví z tlaku v láhvi. Vzhledem k tomu, že tlak v láhvi nevytváří pouze oxid uhličitý, ale v menší míře také vzduch (resp. dusík), je třeba na tuto skutečnost vzít ohled a provést korekci. Ta se provede odečtením obsahu vzduchu v hrdlovém prostoru (po průchodu plynů roztokem louhu) a zjištěním objemu hrdlového prostoru nad hladinou piva v láhvi nebo plechovce. Pro danou metodu je důležité, aby byl vzorek piva vytemperován na správnou teplotu (obvykle 20 nebo 25 °C). Manometrickou metodu stanovení oxidu uhličitého využívají např. přístroje od firmy Haffmans nebo Zahm & Nagel [10].

### ***7.1.3.2 Expanzní metody stanovení obsahu oxidu uhličitého***

Využívají techniky multinásobné objemové expanze, která umožňuje eliminovat vliv ostatních rozpuštěných plynů na vlastní stanovení. V následném výpočtu se využívá platnosti Henryho a Daltonova zákona. Tuto metodu používá např. analyzátor CarboQC firmy Anton Paar. CarboQC. Tento automatický přístroj dokáže rozlišit oxid uhličitý od dalších rozpuštěných plynů a má malou chybu měření. Orbisphere Package Analyzer je automatický přístroj, který dokáže stanovit obsah rozpuštěného kyslíku ve vzorku a při připojení oxidu uhličitého jako nosného plynu také obsah dusíku [10].



### **7.1.3.3 Vodivostní metody**

Jsou založeny na principu měření tepelné vodivosti plynů. Měřicí čidlo je umístěno pod difúzní membránou umožňující prostup plynů a měří rozdíl teplotních vodivostí referenčního a měřeného plynu. Naměřené údaje jsou pak na základě kalibrace přepočteny na koncentraci CO<sub>2</sub> [10].

### **7.1.3.4 Titrační metody stanovení oxidu uhličitého**

Titrační metody jsou v praxi používané více než metody vážkové. Nejjednodušší z nich je metoda Cannizarova. Spočívá ve smísení vzorku s přebytkem hydroxidu sodného, volný nespotřebovaný hydroxid se potom titruje kyselinou na indikátor fenoftalein. Metodu modifikoval De Clerck použitím komparátoru, který umožňuje přesnější vystižení bodu ekvivalence. Aby se zjistil pouze rozpuštěný oxid uhličitý, je nutno stejným způsobem titrovat i vzorek zbavený oxidu uhličitého.

## **7.2 Polyfenoly v pivu**

Polyfenoly jsou kategorií chemických látek, které se přirozeně vyskytují v rostlinách. Existuje více než 500 unikátních polyfenolů. Tyto chemikálie jsou kolektivně známé jako fytochemikálie.

Polyfenoly lze dále rozdělit do následujících skupin: [30]

- flavonoidy,
- fenolové kyseliny,
- stilbeny,
- lignany.

Pivo obsahuje polyfenoly, které mají příznivý vliv na činnost srdce, trávicího traktu, srážlivost krve, povzbuzují trávení, zlepšují vidění. Jako lapače radikálů mají anti-karcinogenní účinky. Jsou uváděny i účinky anti-mutagenní. Aktivní působení polyfenolů v různých fyziologických dějích je nepochybné, i když zatím není uspokojivě vysvětleno. Je založeno na redukčním účinku a na schopnosti tvořit chelátové vazby s kovovými ionty. Antioxidační ochrana organismu je velmi důležitým faktorem působícím proti vzniku a rozvoji, popř. jako prevence tak závažných onemocnění jako jsou srdečně cévní a nádorové choroby [23].

Jako antioxidanty chrání polyfenoly přítomné v pivu svojí přítomností lipoproteiny před oxidací, nebo ji alespoň zpomalují. Tato antioxidační ochrana lipidů *in vivo*, zejména ochrana lipidů v nízkodenzitních krevních lipoproteinech (LDL), je tedy druhou významnou rolí polyfenolů. Toto působení je důležité z hlediska prevence aterosklerózy a zpomalení jejího rozvoje. Takže antioxidační schopnost polyfenolů působí proti ateroskleróze [23].

V průběhu přípravy piva se celkové množství polyfenolů vnesené ze surovin do výroby snižuje vlivem jejich reakcí s polypeptidy, ale i ztrátou vlivem oxidačních změn, adsorpcí na kvasinky nebo vynášením do kvasné deky. Toto snížení může být až 30 %. Neoxidované polyfenoly s nižším stupněm kondenzace a vyšším počtem hydroxylových skupin pozitivně přispívají antioxidačním účinkem ke koloidní i sensorické stabilitě piva, i když tento účinek není tak významný jako působení oxidu siřičitého a je velmi závislý na podmínkách prostředí. Zoxidované polyfenoly mohou především ovlivnit koloidní stabilitu piva, ale i působit zvýšení barvy a sensorické změny piva [24].

### 7.2.1 Metody stanovení polyfenolů

Obvykle se používají spektrofotometrické metody pro provádění analýzy polyfenolů, protože poskytují odhad celkového obsahu polyfenolů ve vzorku nebo jejich antioxidační kapacitu relativně rychle [30].

Interference z ne-polyfenolických složek vzorku mohou také způsobit falešné výsledky a vést tak k chybným výsledkům. Aby bylo možné přesně kvantifikovat a identifikovat jednotlivé polyfenoly, musí být tyto sloučeniny nejprve odděleny [33].

Nejrozšířenější technikou pro analýzu polyfenolů z přírodních komplexních vzorků je HPLC-DAD, což představuje vynikající možnost provádět rutinní analýzu. Nejnovější trend souvisí s použitím UHPLC k urychlení účinnosti separační metody a ke zlepšení rozlišení a citlivosti, i když komplexní LCxLC se jeví jako slibná separační technika [30].

Obecně platí, že metody analýzy polyfenolů musí být jednoduché, rychlé, environmentálně udržitelné a komplexní [30].

### 7.3 Redoxní potenciál piva

Acido-bazické reakce v roztocích, jsou jen zvláštním případem obecných reakcí mezi redukujícím a oxidujícími složkami v kapalném médiu. Pro popis oxidační a redukční rovnováhy při tvorbě potenciálu je používáno označení oxidačně-redukční potenciál, zkráceně redox potenciál [45].

Redoxní potenciál piva je obecně definován obsahem reduktonů, melanoidinů a obsahu kyslíku v pivu. Polyfenoly, sulfidy, dusíkaté látky a hořké látky z chmele mají redukční kapacitu. Nízká hodnota rH (skutečný nebo zdánlivý tlak vodíku) je důležitá pro stabilitu chuti, stejně jako pro fyzikálně-chemickou a biologickou stabilitu piva [22].

### 7.4 Aktivní kyselost

Aktivní kyselostí se vyjadřuje to, zda vodný roztok či analyzovaný vzorek vykazuje kyselou nebo zásaditou reakci.

## **PRAKTICKÁ ČÁST**

## 8 ANALÝZY VYBRANÝCH MARKERŮ

Všechny analýzy kromě oxidu uhličitého se provádí u upravených vzorků piva.

Upravený vzorek piva znamená, že z něj byl v ultrazvukové lázni vypuzen oxid uhličitý. Vypuzení trvalo asi 20 minut. Vzorek byl vytemperován na teplotu 20 °C.

### 8.1 Titrační metoda stanovení oxidu uhličitého

Zpětná alkalimetrická titrace na automatickém analyzátoru. Vzorek silně podchlazeného piva se zalkalizuje odměrným roztokem hydroxidu sodného, tím se zvýší hodnota pH asi na 11,5 poté následuje zpětná titrace odměrným roztokem kyseliny chlorovodíkové. Bod ekvivalence je indikován potenciometricky při pH 9,0. Slepý pokus je poté upravený vzorek piva tak, že se ponechá asi 20 minut v ultrazvukové lázni, čímž se z něj vypudí oxid uhličitý a následuje druhá titrace a výpočet. Hodnota množství oxidu uhličitého se udává v g/l.

### 8.2 Stanovení celkových polyfenolů pomocí Folin – Ciocalteuova činidla

Polyfenoly, které převážně pocházejí ze sladového ječmene a chmele, se podílejí na komplexních jevech oxidace piva a tvorby zákalu [36].

Metoda na měření polyfenolů pomocí Folin-Ciocalteuova (FC) činidla je již velmi stará. Byla objevena v 50. letech minulého století a existují její četné modifikace. Pro analýzu bylo použito činidlo firmy PENTA. Obsahuje wolframman sodný, molybdenan sodný, kyselinu fosforečnou, kyselinu chlorovodíkovou, síran lithný a brom. Fenoly jsou oxidovány v zásaditém médiu za produkce  $O^{2-}$ , který reaguje s molybdenem za vzniku oxidu molybdenu, molybden, který má velmi silnou absorbanční při 765 nm. Většina směsí fenolů se vyjadřuje na standard kyseliny gallové jako ekvivalenty kyseliny gallové. Tato metoda není selektivní, lze jí tak určit jak monofenoly, tak i polyfenoly [41].

### 8.3 Stanovení aktivní kyselosti

Analýza pH se provádí u upraveného vzorku piva, který byl vytemperován na teplotu 20 °C potenciometricky a přímo odečtením hodnoty pH z displaye pH-metru. pH metr je moderní přístroj s hodnotami pH a milivolt (mV) vybavený skleněnou a referenční elektrodou, které jsou schopny měřit hodnotu pH (s přesností na 0,01 pH jednotky) [34].

Aktivní kyselost lze stanovit kolorimetricky pomocí pH papírku, nebo potenciometricky, což je přesnější metoda stanovení pH.

### 8.4 Stanovení redoxního potenciálu

Redoxní potenciál se používá k popisu celkové redukční nebo oxidační kapacity systému. Redoxní potenciál se měří v milivoltech (mV), a běžně se měří potenciometrem pomocí platinové elektrody s nasycenou kalomelovou elektrodou jako referenční [26].

Oxidační redukční potenciál (ORP), je také známý jako REDOX potenciál, a vyjadřuje schopnost molekuly oxidovat nebo redukovat jinou molekulu [35].

## 9 VÝSLEDKY A DISKUSE

### 9.1 Odběr vzorků

Odběr vzorků byl proveden v ležáckém sklepě přímo z ležáckého tanku a po dopravě do laboratoře upraven a analyzován. V první fázi výroby se výrobek nazývá mladina, po týdnu zrání pak zelené pivo a po dalších týdnech zrání se výrobek nazývá pivo. Náhodně vybrané vzorky piv jsou tedy analyzované od mladiny až po pivo. Odběry vzorků byly provedeny den před analýzou a před dopravou do laboratoře uchován v temnu při teplotě 4 - 6 °C. Jednotlivé analýzy vybraných markerů byly provedeny vždy po týdnu, to znamená po jednotlivých týdnech zrání.

Následující vzorky byly vybrány náhodně podle aktuální výroby v minipivovaru U císařské cesty v Prostějově.

Vzorek 1: 10 ° světlá-1,

Vzorek 2: 10 ° světlá-2,

Vzorek 3: 13 ° medové pivo,

Vzorek 4: 11 ° polotmavá.

#### 9.1.1 Charakteristika vzorků

##### **Pivo ležák Císař 10°, 11°**

- Spodně kvašené pivo,
- Výrazné nepříliš hořké pivo s plnou chutí,
- Nefiltrované a nepasterizované.

##### **Pivo pšeničné 13°**

- Svrchně kvašené pšeničné pivo typu HEFEWEIZEN s originálními kvasinkami Německého původu, a osvěžující chuť a ovocně kořeněná vůně po banánech a po hřebíčku [27].

## 9.2 Výsledky analýz

### 9.2.1 1. série vzorků

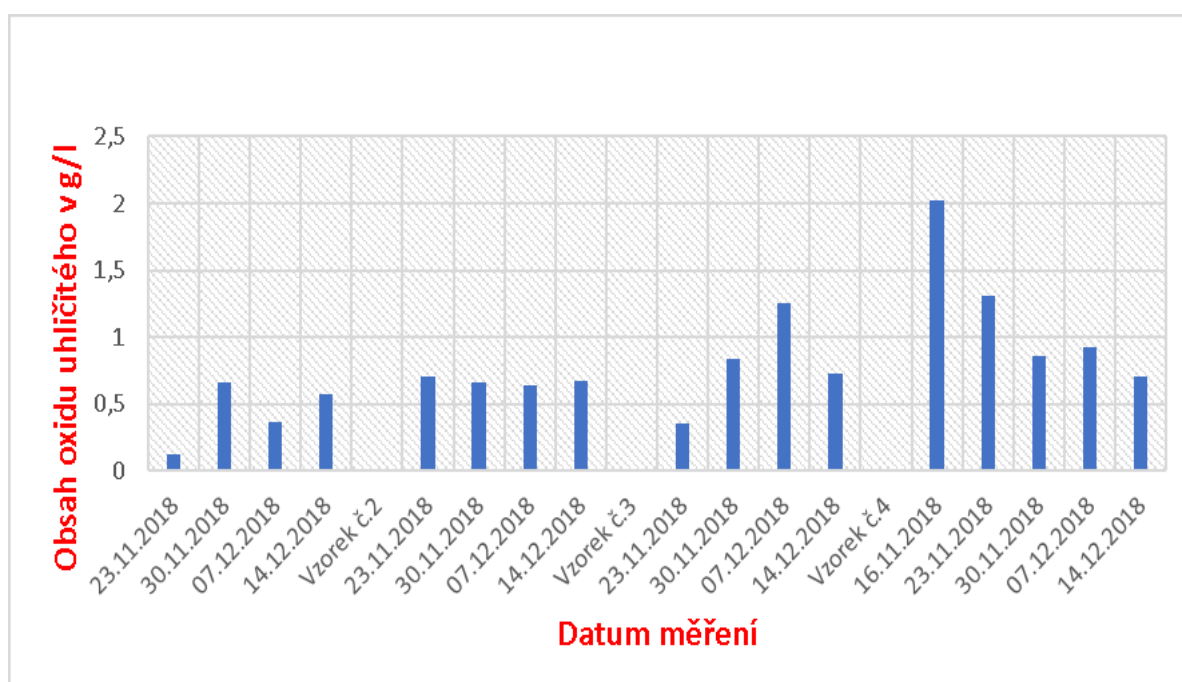
Následující 4 vzorky byly vybrány podle aktuálního programu výroby a jednalo se o 3 druhy piva: 10 ° pivo, 11 ° pivo a 13 ° pivo.

#### 9.2.1.1 Oxid uhličitý

Tabulka č. 2 Obsah oxidu uhličitého v jednotlivých vzorcích pív

Datum měření	Vzorek č. 1 g CO <sub>2</sub> /l	Vzorek č. 2 g CO <sub>2</sub> /l	Vzorek č. 3 g CO <sub>2</sub> /l	Vzorek č. 4 g CO <sub>2</sub> /l
16.11.2018	x	x	x	2,02
23.11.2018	0,12	0,71	0,36	1,31
30.11.2018	0,66	0,66	0,84	0,86
7.12.2018	0,37	0,64	1,25	0,93
14.12.2018	0,57	0,67	0,73	0,71

Graf č. 1 Závislost obsahu oxidu uhličitého na době zrání piva



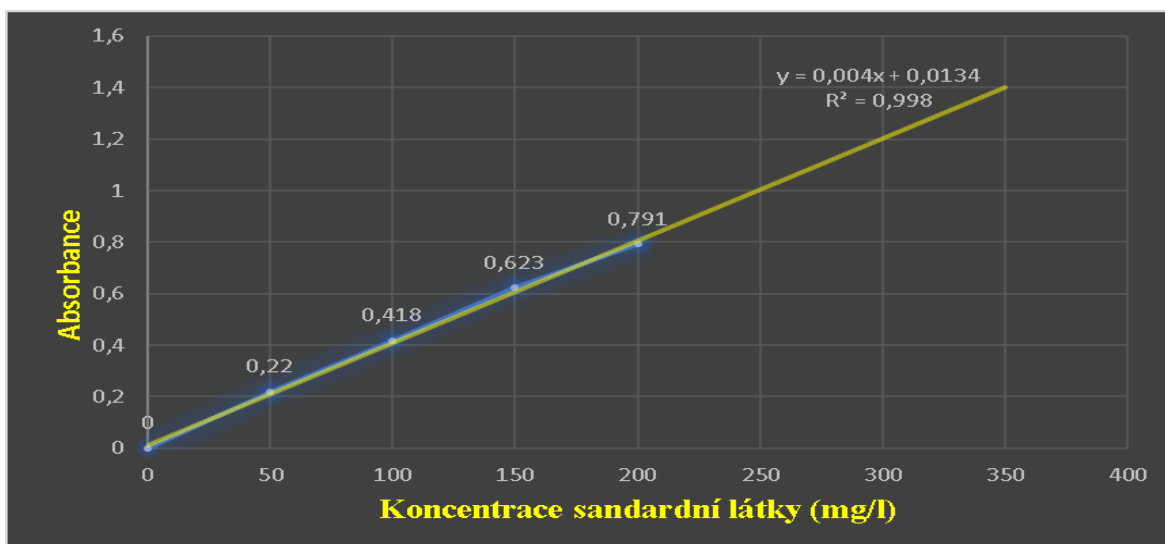


### 9.2.1.2 Polyfenoly

Tabulka č. 3 Naměřené hodnoty absorbance pro kalibrační křivku

Kalibrační roztok	Koncentrace (mg/l)	Absorbance
1	50	0,22
2	100	0,418
3	150	0,623
4	200	0,791

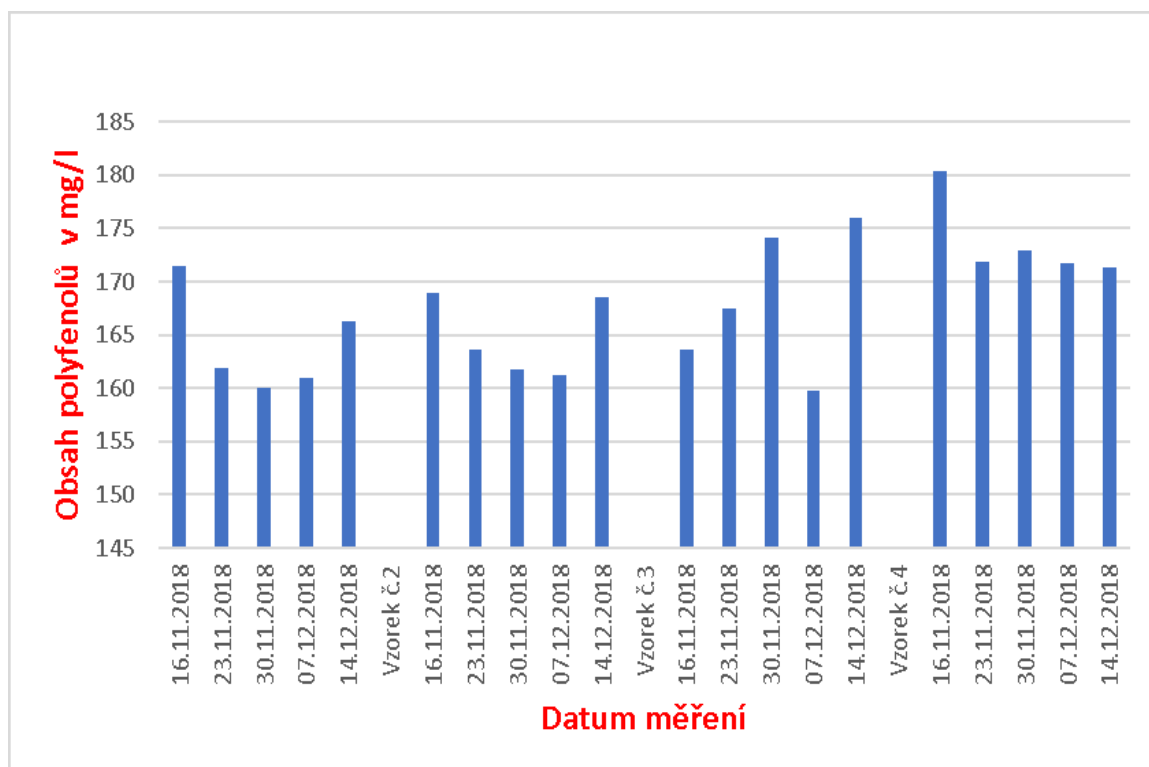
Graf č. 2 Závislost absorbance na koncentraci standardní látky



Tabulka č. 4 Obsah polyfenolů ve vzorcích piva

Datum měření	Vzorek č. 1 mg/l	Vzorek č. 2 mg /l	Vzorek č. 3 mg/l	Vzorek č. 4 mg /l
16.11.2018	171,44	168,96	163,68	180,32
23.11.2018	161,88	163,68	167,54	171,88
30.11.2018	160,04	161,72	174,12	173,00
7.12.2018	161,00	161,22	159,72	171,72
14.12.2018	166,24	168,60	176,00	171,36

Graf č. 3 Závislost obsahu polyfenolů na době zrání piva

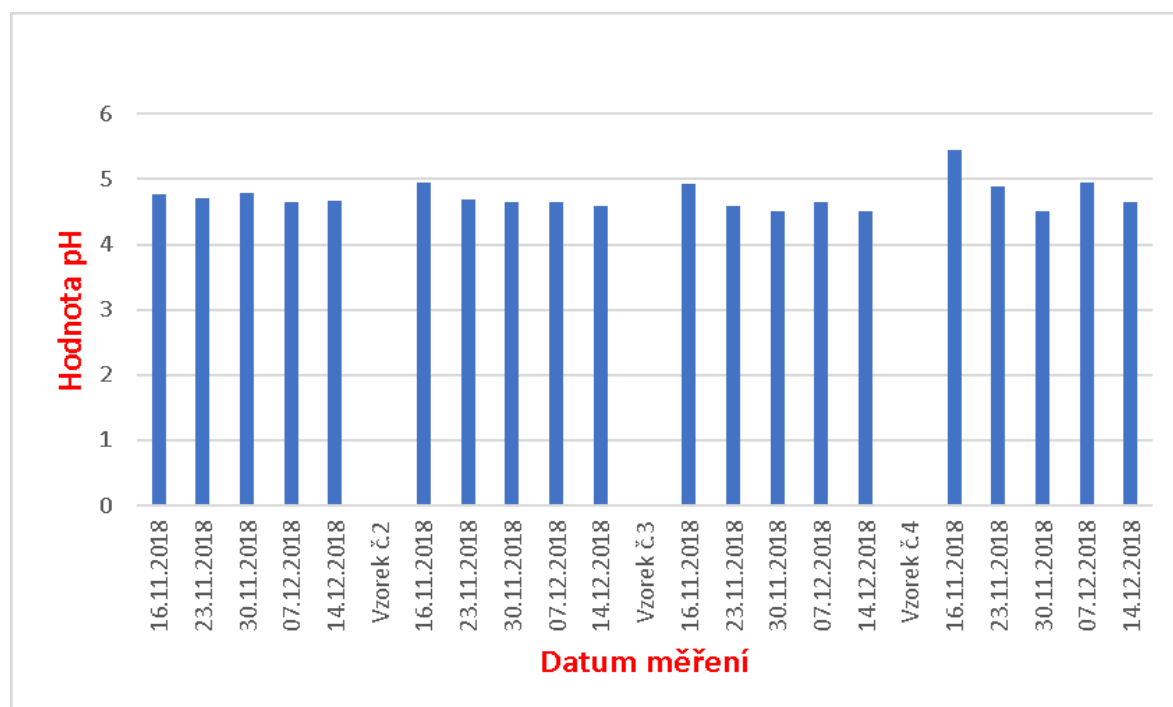


### 9.2.1.3 Aktivní kyselost

Tabulka č. 5 Hodnoty pH ve vzorcích piva

Datum měření	Vzorek č. 1 pH	Vzorek č. 2 pH	Vzorek č. 3 pH	Vzorek č. 4 pH
16.11.2018	4,76	4,95	4,93	5,44
23.11.2018	4,71	4,68	4,58	4,89
30.11.2018	4,78	4,64	4,50	4,50
7.12.2018	4,65	4,65	4,65	4,94
14.12.2018	4,66	4,58	4,50	4,64

Graf č. 4 Závislost hodnoty aktivní kyselosti na době zrání piva

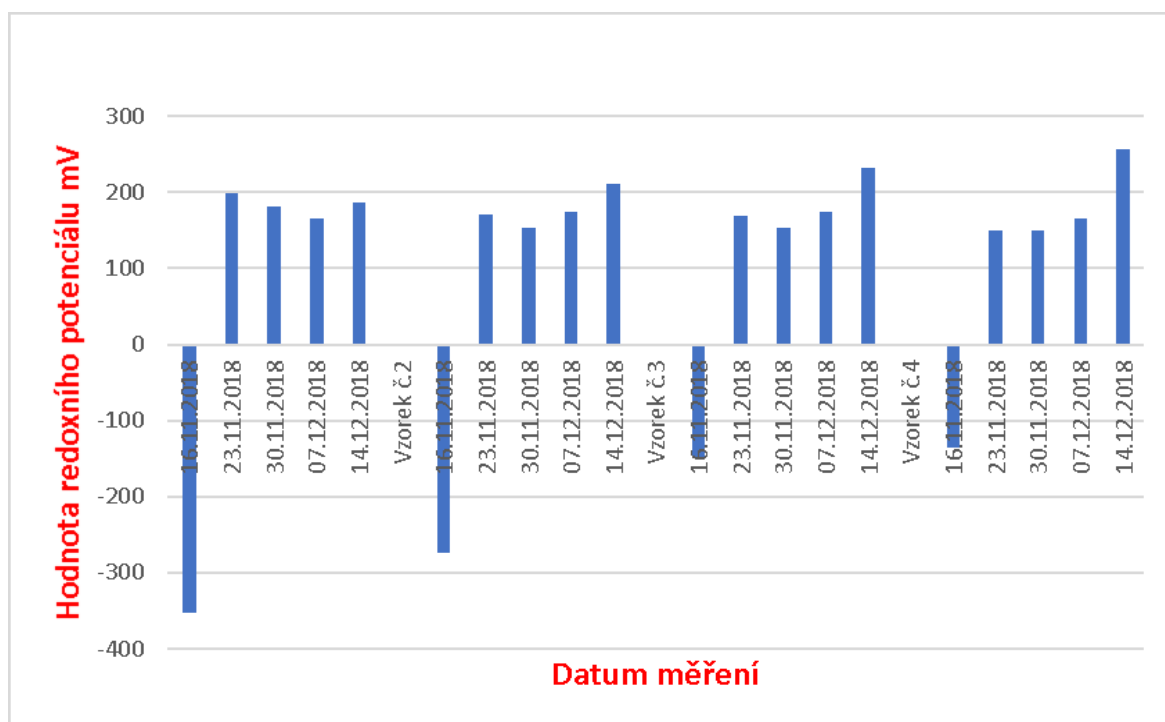


### 9.2.1.3 Redoxní potenciál

Tabulka č. 6 Hodnoty redoxního potenciálu ve vzorcích piva

Datum měření	Vzorek č. 1 (mV)	Vzorek č. 2 (mV)	Vzorek č. 3 (mV)	Vzorek č. 4 (mV)
16.11.2018	-352,4	-273,1	-150,3	-135,7
23.11.2018	198,3	170,3	169,8	150,0
30.11.2018	180,6	153	152,8	150,1
7.12.2018	165,9	175,1	173,6	165,6
14.12.2018	186,6	211,5	232,8	256,6

Graf č. 5 Závislost hodnoty redoxního potenciálu na době zrání piva



## 9.2.2 2. série analyzovaných vzorků

Následující vzorky byly vybrány podle další výroby piv a jedná se o 2 vzorky z minipivovaru Harley pub v Otrokovicích:

Vzorek č. 1: 10 ° pivo

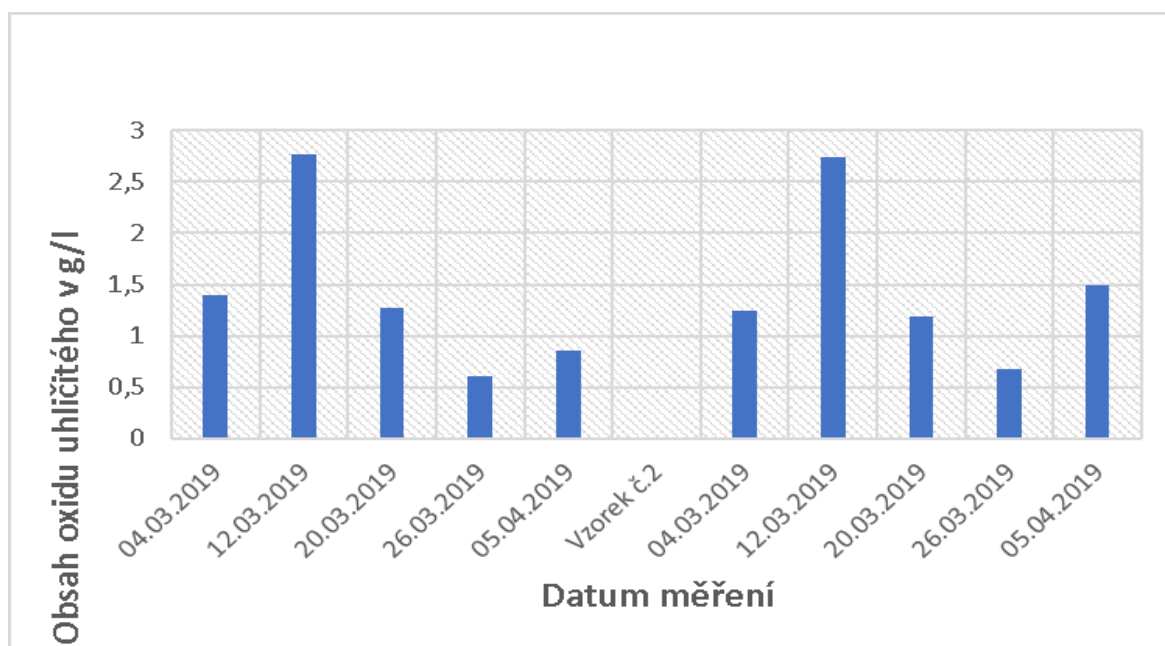
Vzorek č. 2: 11 ° pivo

### 9.2.2.1 Oxid uhličitý

Tabulka č. 7 Obsah oxidu uhličitého v jednotlivých vzorcích

Datum měření	Vzorek č. 1 g CO <sub>2</sub> /l	Vzorek č. 2 g CO <sub>2</sub> /l
4.3.2019	1,40	1,25
12.3.2019	2,77	2,74
20.3.2019	1,27	1,19
26.3.2019	0,60	0,68
5.4.2019	0,85	1,49

Graf č. 6 Závislost obsahu oxidu uhličitého na době zrání piva

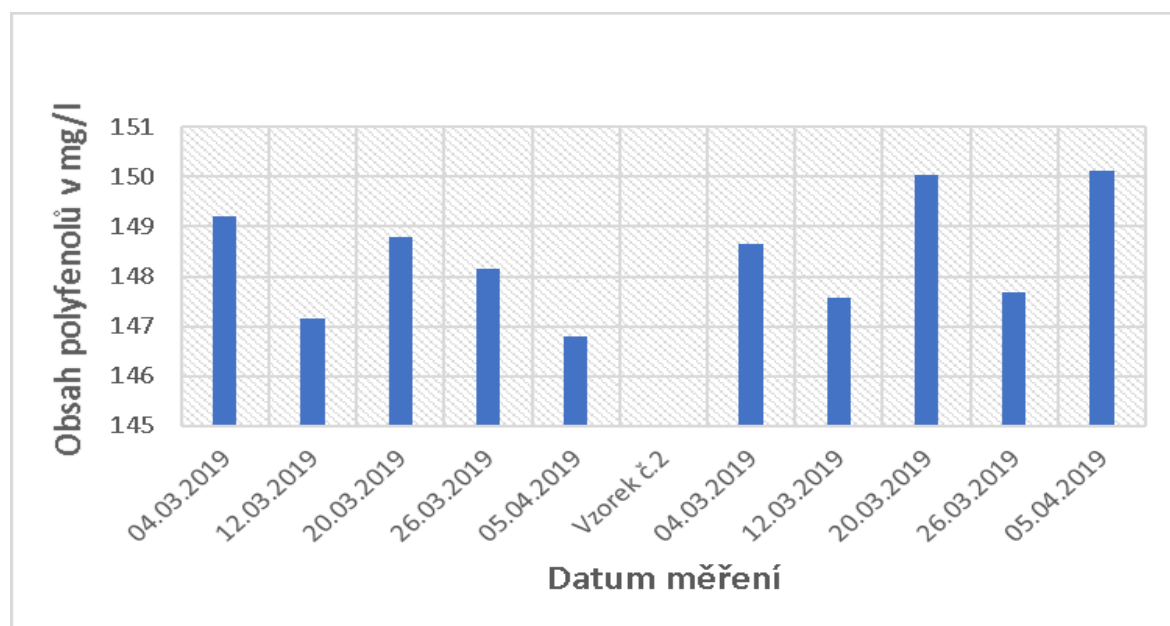


### 9.2.2.2 Polyfenoly

Tabulka č. 8 Obsah polyfenolů ve vzorcích piva

Datum měření	Vzorek č. 1 mg/l	Vzorek č. 2 mg/l
4.3.2019	149,2	148,64
12.3.2019	147,16	147,56
20.3.2019	148,8	150,04
26.3.2019	148,16	147,68
5.4.2019	146,8	150,12

Graf č. 7 Závislost obsahu polyfenolů na době zrání piva

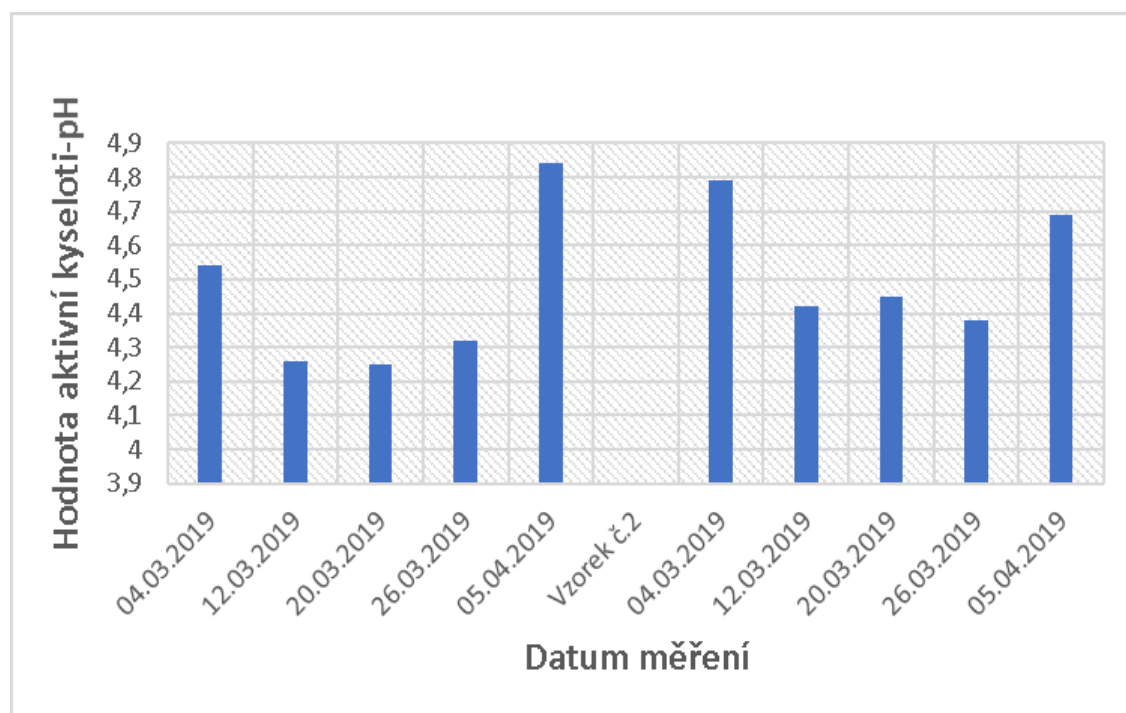


### 9.2.2.3 Aktivní kyselost

Tabulka č. 9 Hodnoty aktivní kyselosti ve vzorcích piva

Datum měření	Vzorek č.1 pH	Vzorek č.2 pH
4.3.2019	4,54	4,79
12.3.2019	4,26	4,42
20.3.2019	4,25	4,45
26.3.2019	4,32	4,38
5.4.2019	4,84	4,69

Graf č. 8 Závislost hodnoty aktivní kyselosti na době zrání piva

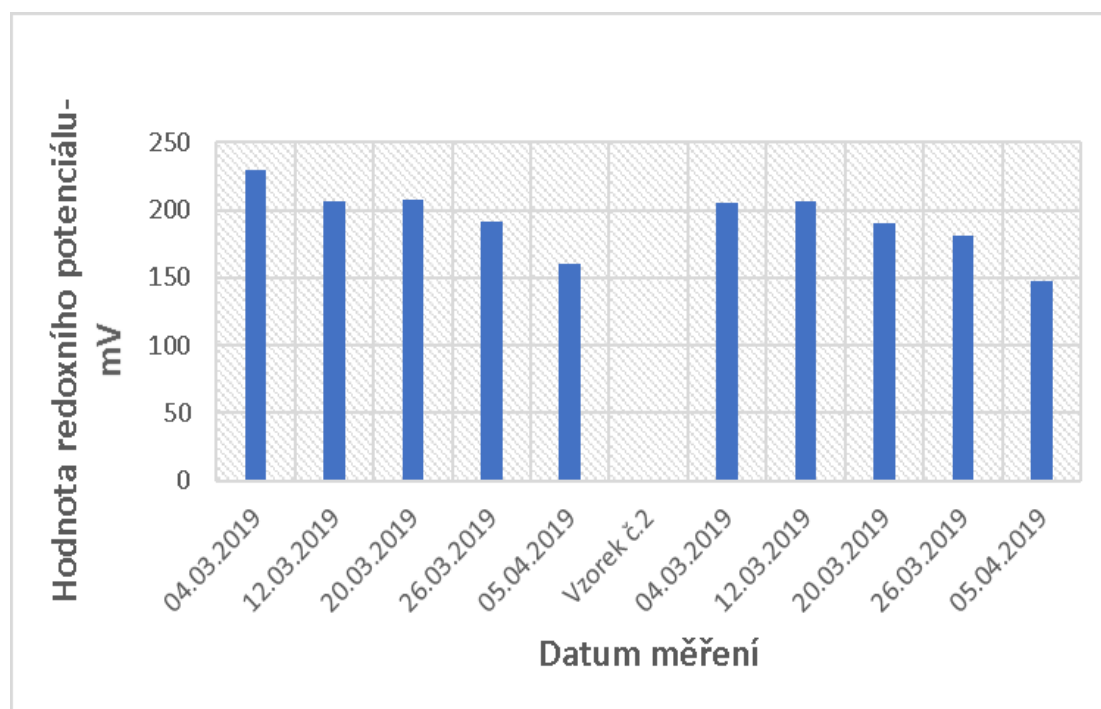


### 9.2.2.4 Redoxní potenciál

Tabulka č. 10 Hodnoty redoxního potenciálu ve vzorcích piva

Datum měření	Vzorek č. 1 (mV)	Vzorek č. 2 (mV)
4.3.2019	230,0	205,5
12.3.2019	206,2	206,9
20.3.2019	207,3	190,0
26.3.2019	191,6	181,2
5.4.2019	160,0	147,8

Graf č. 9 Závislost hodnot redoxního potenciálu na době zrání piva





### 9.3 Hodnocení výsledků měření

Po provedení měření všech markerů u všech vzorků piva je pozorovatelný nárůst množství oxidu uhličitého do přibližně poloviny doby zrání a po této době dochází ke snížení jeho obsahu v důsledku toho, že si jej kvasinky vážou zpět a využívají pro svůj metabolismus. Přesné hodnoty výsledků obsahu oxidu uhličitého v mg/l se u každého vzorku piva liší, a je to dáno také různou technologií výroby piva. Titrační metoda stanovení obsahu oxidu uhličitého, která byla použita pro stanovení tohoto markeru, a ukazuje na velmi nízké a rozdílné hodnoty obsahu oxidu uhličitého ve všech vybraných vzorcích piva. To mohlo být způsobeno nešetrnou manipulací se vzorky při dopravě do laboratoře a také je velmi důležité jejich správné uchování a zpracování v laboratoři. Na nízkém obsahu oxidu uhličitého má také vliv dobá zrání, ve které se jeho obsah stále mění a u některých piv je dokonce potřeba umělé dosycování oxidem uhličitým před plněním piva do prodejních obalů. Přesnější stanovení obsahu oxidu uhličitého je za použití manometrické metody. U manometrických metod je obsah oxidu uhličitého analyzován přímo ve zracím tanku a pomocí analogového přístroje, který se nazývá Gehaltmetr a na tomto přístroji je jeho obsah zachycen tak, aby tlakově nedošlo ke zkreslení hodnot obsahu oxidu uhličitého. Nedochozí tak k jeho vyprchání.

V první sérii vzorků vyšla průměrná hodnota obsahu oxidu uhličitého u vzorku č. 1 0,43 g/l, u vzorku č. 2 0,67 g/l, u vzorku č. 3 0,79 g/l a u vzorku č. 4 1,16 g/l. Všechny hodnoty obsahu oxidu uhličitého se u první série vzorků pohybovaly v rozmezí hodnot 0,12-2,02 g/l.

V druhé sérii vzorků vyšla průměrná hodnota obsahu oxidu uhličitého u vzorku č. 1 1,37 g/l a vzorku č. 2 vyšla 1,47 g/l. Hodnoty obsahu oxidu uhličitého v g/l se u všech vzorků v této sérii pohybovaly v rozmezí 0,60-2,77 g/l. Celkově vyšly hodnoty obsahu oxidu uhličitého ke konci doby zrání asi o polovinu menší, a pivo ve finální fázi by mělo obsahovat přibližně 5 gramů oxidu uhličitého na litr. [43]

I přesto je titrační metoda analýzy obsahu oxidu uhličitého vhodná jak pro orientační stanovení obsahu oxidu uhličitého v pivu v průběhu jeho zrání, tak ke stanovení jeho obsahu ve finálním výrobku.

Pro stanovení obsahu polyfenolů byla použita spektrofotometrická metoda za použití Folin-Ciocalteuova činidla. Před vlastním stanovením byla připravena kalibrační řada a proměřena kalibrační křivka. Po proměření hodnot absorbance u jednotlivých vzorků pív byla poté vypočítána hodnota obsahu polyfenolů u všech vzorků pív v miligramech na litr. Jednotlivé výsledky hodnoty obsahů polyfenolů vycházely okolo 165 mg/l. Průměrný obsah polyfenolů v hotovém pivu se pohybuje v rozmezí 130 až 230 mg/l.

U první série vzorků vyšly hodnoty obsahu polyfenolů u vzorku č. 1 164,12 mg/l, u vzorku č. 2 164,84 mg/l, u vzorku č. 3 168,21 mg/l a u vzorku č. 4 173,65 mg/l.

U druhé série vzorků vyšla průměrné hodnoty obsahu polyfenolů u vzorku č. 1 148,12 mg/l a u vzorku č. 2 148,81 mg/l. Hodnoty obsahu polyfenolů se u první série vzorků pohybovaly v rozmezí hodnot 159,72 až 180,32 mg/l a u druhé série vzorků v rozmezí hodnot 147,16 až 150,12 mg/l.

Z výsledků analýz je také patrný posupný nárůst obsahu polyfenolů v průběhu doby zrání jednotlivých pív. Jelikož mají polyfenoly antioxidační aktivitu v pivu, je jejich vyvážený obsah v pivu hodně důležitý.

Pro stanovení aktivní kyselosti u vybraných vzorků pív byla použita klasická potenciometrická metoda, kdy se přímo do vzorku ponoří elektroda a odečítá se hodnota na displeji. Průměrná hodnota pH vycházela u první série vzorků pro vzorek č. 1 4,71 pH u vzorku č. 2 4,70 pH, u vzorku č. 3 4,63 pH a u vzorku č. 4 4,88 pH. V druhé série vzorků vycházela průměrná hodnota pH pro vzorek č. 1 4,44 pH a pro vzorek č. 2 4,54 pH. V první sérii vzorků se hodnota pH pohybovala v rozmezí hodnot 4,50 až 5,44 pH a v druhé sérii se pohybovala v rozmezí 4,25 - 4,84 pH. Hodnoty aktivní kyselosti jsou závislé na době zralosti piva, na technologii výroby a na konkrétní teplotě. Hodnoty aktivní kyselosti mají také vliv na mikrobiálním zastoupení a trvanlivosti piva. Oxid uhličitý přímo koreluje s hodnotou aktivní kyselosti a stejně tak hodnota redoxního potenciálu piva.

Pro stanovení hodnot redoxního potenciálu byla rovněž použita potenciometrická metoda. Je to v podstatě vyjádření toho, jestli je analyzovaný systém například roztok oxidační či redukční povahy.

U první série analyzovaných vzorků vyšla vždy u každého vzorku v prvním měření záporná hodnota, což mohlo být způsobeno chybou měření ale také vlastnostmi konkrétního systému. První série analyzovaných vzorků byla při první analýze ve fázi výroby mezi mladinou a zeleným pivem, což mohlo mít vliv na výsledek redoxního potenciálu.

U první sérii vzorků vyšla průměrná hodnota redoxního potenciálu u vzorku č. 1 182,85 mV, u vzorku č. 2 177,47 mV, u vzorku č. 3 182,25 mV a u vzorku č. 4 180,57 mV. V druhé sérii vyšla průměrná hodnota redoxního potenciálu u vzorku č. 1 199,02 mV a u vzorku č. 2 186,28 mV. Výsledné hodnoty redoxního potenciálu se pohybovaly u první série vzorků v rozmezí 150 až 256,6 mV a ve druhé sérii vzorků v rozmezí 160,0 až 230,0 mV. Z výsledků vyplývá, že pivo vykazuje jak oxidační, tak redukční vlastnosti.

## ZÁVĚR

Z výsledků analýz vyplývá, že množství nasycení piva oxidem uhličitým je u jednotlivých piv velmi variabilní. Hodnota obsahu tohoto markeru je kolísavá a ovlivňuje ji technologie výroby, stáří použitých kvasnic, druh piva, také manipulace s analyzovaným vzorkem, doba zrání a míru nasycenosti také ovlivňuje obsluha dodržením jednotlivých technologických kroků při plnění piva do přepravních obalů. Z převážně většiny dochází k ručnímu plnění obalů.

U první série vzorků byla celková průměrná hodnota nasycení oxidem uhličitým rovna 0,78 gramům oxidu uhličitého na litr a v druhé sérii byla průměrná hodnota nasycení oxidem uhličitým rovna 1,42 gramům oxidu uhličitého na litr. Z toho vyplývá, že nasycení oxidem uhličitým nebylo ke konci doby zrání na takové úrovni, že by finální výrobek vyhovoval, a tak bylo nutné piva před stáčením uměle dosycovat. U druhé série vzorků byla průměrná hodnota nasycení oxidem uhličitým asi o polovinu větší než průměrná hodnota.

Nasycení piva oxidem uhličitým nám ukazuje důležitost tohoto markeru, jelikož ovlivňuje výslednou chuť piva.

Polyfenoly určují antioxidační schopnost piva, a proto je jejich obsah v pivu velmi důležitý. Co se týká zdravotního hlediska, polyfenoly mají proti-stárnoucí účinek, působí blahodárně na cévní a nervový systém a ovlivňují srážlivost krve.

V obou sériích vzorků vyšel průměrný obsah v rozmezí 130 až 230 mg polyfenolů na litr piva. Z jednotlivých grafů je znatelný různý obsah v závislosti na době zrání piva u obou sérií vzorků piv. U žádného vzorku piva nebyla tato hodnota v žádné fázi hraniční. Lze tedy konstatovat, že tento analyzovaný marker byl ve všech vzorcích piva obsahově na velmi slušné úrovni a zvolená metoda pro analýzu polyfenolů ve vybraných vzorcích piva byla velmi vhodná.

Ve srovnání s literaturou vyšel obsah polyfenolů ve vzorcích zkoumaných piv v průměrných hodnotách. Z těchto hodnot vyplývá, že zkoušené vzorky piv s největší pravděpodobností nebudou náchylné k tvorbě chladových zákalů.

Aktivní kyselost u všech vzorků pív vyšla v průměrné hodnotě okolo 4,4 pH, z čehož vyplývá, že pivo vykazuje středně kyselý charakter.

Výsledky stanovení prokázaly, že pH hotového piva je v optimálních hodnotách a u takového výrobku je správně nastavená technologie.

Redoxní potenciál u většiny vzorků pív ukázal na pozitivní hodnoty a z toho vyplývá, že tyto vzorky pív vykazovaly jak oxidační, tak redukční charakter.

Pouze u první série vzorků při první analýze byla hodnota redoxního potenciálu záporná. S největší pravděpodobností mohlo dojít k chybě při měření v důsledku nedostatečného oplachu redoxní elektrody destilovanou vodou.

Závěrem lze konstatovat, že jde o piva, která měla menší říz, jelikož jsou to nefiltrovaná, nepasterovaná piva z minipivovaru, která jsou přirozeně nasycována použitými kvasnicemi na přijatelnou hodnotu. Bohužel není možné prokazatelně zjistit, zda odběr vzorků byl proveden podle správných zásad laboratorní praxe a vždy byly dodrženy stejné podmínky odběru jednotlivých vzorků. Vzorky byly odebírány pracovníky minipivovarů.

Z jednotlivých analýz vyplývá, že výroba piva v minipivovarech probíhá tak, že hotové pivo obsahuje takové množství polyfenolů, při kterém by nemělo dojít k chladovému zákalu. Hodnota aktivní kyselosti a redoxního potenciálu je taková, která je přínosná pro tento druh pív. Nasycenost pív z vybraných minipivovarů v hotovém pivu byla pro konzumenty dostačující. Piva z těchto minipivovarů mohou být v pořádku puštěna do prodeje.

Výsledky analyzovaných pív jsou přínosné pro sládky jednotlivých minipivovarů.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] *Technologie výroby piva* [online]. [cit. 2019-04-03].  
Dostupné z: [http://sci.muny.cz/data/C6210/C6210\\_Bioprocessy\\_2-2.pdf](http://sci.muny.cz/data/C6210/C6210_Bioprocessy_2-2.pdf)
- [2] *Článek ze zpráv* [online]. [cit. 2019-01-06].  
Dostupné z: <http://n.nova.cz/clanek/zpravy/zajimavosti/co-jste-ne-vedeli-o-pivu-jak-je-stare-kdy-doslo-k-prvni-dopravni-nehode-po-vypiti-piva.html>
- [3] KOZÁK, Vratislav a Věra KOZÁKOVÁ. *Změny v Českém Pivovarství na přelomu století*. Zlín: VeRBum, 2013. ISBN 978-80-87500-45-3.
- [4] *Vše o pivovarech a pití piv* [online]. [cit. 2018-11-07].  
Dostupné z: <http://www.pivovar.cz/druhy-piv/>.
- [5] *Livestrong.com* [online]. [cit. 2018-11-07].  
Dostupné z: <https://www.livestrong.com/article/263290-list-of-vitamins-in-beer/>.
- [6] *Components in beer* [online]. [cit. 2019-03-06].  
Dostupné z: <https://www.livestrong.com/article/263290-list-of-vitamins-in-beer/>
- [7] *Pivovary info* [online]. [cit. 2019-01-24].  
Dostupné z: <https://www.livestrong.com/article/263290-list-of-vitamins-in-beer/>
- [8] *Zákony pro lidi* [online]. [cit. 2019-01-25].
- [9] *Beer Web-degustace piva*  
Dostupné z <https://beerweb.cz/o-pivu/degustace-piva> [online]. [cit. 2019-03-07].
- [10] *Srovnání různých metod stanovení oxidu uhličitého v pivu* [online].  
[cit. 2019-01-25]. Dostupné z: <http://kvasnyprumysl.cz/pdfs/kpr/2013/03/02.pdf>
- [11] BASAŘOVÁ, Gabriela, Jan ŠAVEL, Petr BASAŘ a Tomáš LEJSEK. *Pivovarství-Teorie a praxe výroby piva*. 2010. VŠCHT Praha. ISBN 978-80-7080-734-7.
- [12] BOULTON, CH a D QUIAN. *Brewing yeast and fermentation*. By Blackwell Science, 2001. ISBN 978-06-3205-475-6.

- [13] *Myslíme na ty, kteří nám vaří pivo* [online]. [cit. 2019-02-23].  
Dostupné z: <http://varimepivo.lounskyzejdlik.cz/8-1-smyslove-vlastnosti-a-vady-piva/>
- [14] *Oxid uhličitý-Linde gas* [online]. [cit. 2019-02-23]. Dostupné z:[https://www.linde-gas.cz/cs/produkty\\_and\\_zasobovani/gases\\_atmospheric/carbon\\_dioxide.html](https://www.linde-gas.cz/cs/produkty_and_zasobovani/gases_atmospheric/carbon_dioxide.html)
- [15] *Zjednodušené titrační metody stanovení kyslíčnicku uhličitého v potravinách* [online]. [cit.2019-02-26].  
Dostupné z: <http://kvasnyprumysl.cz/pdfs/kpr/1975/02/02.pdf>.
- [16] *ABC-news* [online]. [cit.2019-02-26].  
Dostupné z: <https://www.abc.net.au/news/2018-09-01/kegging-beer-at-bright-tank-bre-wing-co-in-east-perth/10184284>
- [17] *Bottling-UK* [online]. [cit. 2019-03-18].  
Dostupné z: <https://www.bottlinguk.com/beer-contract-bottling/>
- [18] *Pivovarnictví-filtrace piva a podpůrných médií* [online]. [cit. 2019-04-07].  
Dostupné z: <http://filtrace.com/pivovarnictvi/>
- [19] *Žejdlík* [online]. [cit. 2019-04-10].  
Dostupné z: <http://www.zejdlík.cz/zejdlíkopedie/vse-o-pivu/druhy-piva#>
- [20] *Biotechnologie-výroba sladu a piva* [online]. [cit. 2019-04-22].  
Dostupné z:  
[http://biochemie.upol.cz/doc/skripta/btc/Prezentace%2002-02a\\_slad\\_pivo.pdf](http://biochemie.upol.cz/doc/skripta/btc/Prezentace%2002-02a_slad_pivo.pdf)
- [21] *Svět piva* [online]. [cit. 2019-04-14].  
Dostupné z:  
<http://www.svet-piva.cz/clanky-o-pivu/typy-a-druhy-ceskeho-piva.html>

- [22] *Redox potential in beer* [online]. [cit.2019-01-27].  
Dostupné z:  
[http://books.google.cz/books?id=8ppgs-BEG\\_8C&pg=PA360&lpg=PA360&dq=redox+potential+in+beer&source=bl&ots=ooyyF8fW0\\_&sig=ACfU3U132fgTCny5HVfA6E-jGJ\\_3\\_YaONQ&hl=cs&sa=X&ved=2ahUKEwihgLCBi-nghUE2eAKHQcGCw04ChDoATAJegQICRAB#v=onepage&q=redox%20potential%20in%20beer&f=false](http://books.google.cz/books?id=8ppgs-BEG_8C&pg=PA360&lpg=PA360&dq=redox+potential+in+beer&source=bl&ots=ooyyF8fW0_&sig=ACfU3U132fgTCny5HVfA6E-jGJ_3_YaONQ&hl=cs&sa=X&ved=2ahUKEwihgLCBi-nghUE2eAKHQcGCw04ChDoATAJegQICRAB#v=onepage&q=redox%20potential%20in%20beer&f=false)
- [23] *Science world* [online]. [cit. 2019-01-27].  
Dostupné z: <https://www.scienceworld.cz/neziva-priroda/pivo-pod-mikroskopem-2-2638/>
- [24] BASAŘOVÁ A KOLEKTIV. *Sladařství*. Praha, 2015. ISBN 978-80-87109-47-2.
- [25] *Vinepair, what is brewing?* [online]. [cit. 2019-02-10].  
Dostupné z: <https://vinepair.com/beer-101/what-is-brewing/>
- [26] *Science direct, redox-potential* [online]. [cit. 2019-03-03].  
Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/redox-potential>
- [27] *Pivovar U Císařské Cesty* [online]. [cit. 2019-03-06].  
Dostupné z: <https://www.u-cisarske-cesty.cz/pivovar/>
- [28] *Domáci pivovárek biohazard* [online]. [cit. 2019-03-17].  
Dostupné z: <https://domacipivovar.webnode.cz/vse-o-pivu/horkost-piva/>
- [29] *Beer-brewing* [online]. [cit. 2019-03-18].  
Dostupné z: <https://beerandbrewing.com/dictionary/edvVKFchSZ/>
- [30] *Medical News Today* [online]. [cit. 2019-03-24].  
Dostupné z: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/319728.php>
- [31] *How beer works* [online]. [cit. 2019-03-25].  
Dostupné z: <https://science.howstuffworks.com/innovation/edibleinnovations/beer4.htm>
- [32] *The chemistry of beer* [online]. [cit. 2019-03-27].  
Dostupné z: <https://www.compoundchem.com/2014/07/10/beerchemicals/>



- [33] *Chemistry and Biochemistry of dietary polyphenols* [online]. [cit. 2019-03-31].  
Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3257627/>
- [34] *Analysis of active acidity* [online]. [cit. 2019-04-01].  
Dostupné z: <https://corn.org/wp-content/uploads/2009/12/C-44.pdf>
- [35] *Senzorex* [online]. [cit. 2019-04-02].  
Dostupné z: <https://corn.org/wp-content/uploads/2009/12/C-44.pdf>
- [36] *Science of beer* [online]. [cit. 2019-04-03].  
Dostupné z: <http://methods.asbcnet.org/summaries/beer-35.aspx>
- [37] *The Beer Connoisseur* [online]. [cit. 2019-04-03].  
Dostupné z: <https://beerconnoisseur.com/articles/whats-meaning-ibu>
- [38] *Fear of fenols* [online]. [cit. 2019-04-14].  
Dostupné z: [https://www.morebeer.com/articles/Beer\\_Phenols](https://www.morebeer.com/articles/Beer_Phenols)
- [39] BUREŠOVÁ, Iva, Eva LORENCOVÁ, Marek DVOŘÁK,  
Soňa KULHANOVÁ a Lucie MASAŘÍKOVÁ.  
*Výroba potravin rostlinného původu*. Zlín, 2014. ISBN 978-80-7454-331-9.
- [40] NOVOTNÝ, Petr a kolektiv.  
*Pivařka-Tajemství domácího pivovarství*. Zlín: Yota, 2017.  
ISBN 978-80-7565-108-2.
- [41] BASAŘOVÁ, G a kolektiv. *Pivovarsko-sladařská analytika 1-3*.  
Praha: Merkanta s.r.o, 1993.
- [42] W. BAMWORTH, Charles.  
*Brewing Material and Process*. Elsevier Science Publishing Co, 2016.  
ISBN 9780127999548.
- [43] *Nejčastější mýty kolem českého piva* [online]. [cit. 2019-04-08].  
Dostupné z: <https://ego.ihned.cz/c1-24851540-myty-opredene-ceske-pivo>
- [44] FLANIGEN, B. *Brewing microbiology*,  
*Chapter 4 -The mikroflora of barley and malt*. Chemistry biomedical-science,  
2003. ISBN 978-1-4419-9250-5.
- [45] KADLEC, K, M KMÍNEK A KADLEC A KOLEKTIV T. ;  
*Měření a řízení v potravinářských a biotechnologických výrobcích*. VŠCHT  
Praha, 2015. ISBN 978-80-7418-232-7.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

<b>IBU</b>	Německé jednotky pro měření hořkosti piva.
<b>EPM</b>	Jednotky stupňovitosti piva.
<b>EBC</b>	Arbitrážní jednotky zákalu kalibrované na formazinovou suspenzi.
<b>IPA</b>	Označení pro světlá svrchně kvašená piva.
<b>ALE</b>	Svrchně kvašená piva Anglického typu.
<b>kPa</b>	Jednotky tlaku kilopascaly.
<b>CKT</b>	Cylindro - kónický tank.
<b>UHPLC</b>	Kapalinová chromatografie
<b>LCxLC</b>	Dvourozměrná kapalinová chromatografie
<b>HPLC- DAD</b>	Detektor s diodovým polem
<b>mg</b>	Jednotky hmotnosti - miligramy
<b>mV</b>	Jednotky redoxního potenciálu - milivolty
<b>nm</b>	Jednotky vlnové délky - nanometry
<b>pH</b>	Jednotka aktivní kyselosti

**SEZNAM FOTEK A OBRÁZKŮ**

<i>Foto č. 1 Kvašení piva a hnědé kroužky na povrchu.....</i>	<i>25</i>
<i>Obr č. 1 Svíčkový filtr a filtrace piva.....</i>	<i>27</i>
<i>Obr č. 2 Stáčení piva do lahví.....</i>	<i>28</i>
<i>Obr č. 3 Stáčení piva do sudů.....</i>	<i>28</i>

**SEZNAM GRAFŮ**

<i>Graf č. 1 Závislost obsahu oxidu uhličitého na době zrání piva.....</i>	<i>48</i>
<i>Graf č. 2 Závislost absorbance na koncentraci standardní látky.....</i>	<i>49</i>
<i>Graf č. 3 Závislost obsahu polyfenolů na době zrání piva.....</i>	<i>50</i>
<i>Graf č. 4 Závislost hodnoty aktivní kyselosti na době zrání piva.....</i>	<i>51</i>
<i>Graf č. 5 Závislost hodnoty redoxního potenciálu na době zrání piva.....</i>	<i>52</i>
<i>Graf č. 6 Závislost obsahu oxidu uhličitého na době zrání piva.....</i>	<i>53</i>
<i>Graf č. 7 Závislost obsahu polyfenolů na době zrání piva.....</i>	<i>54</i>
<i>Graf č. 8 Závislost hodnoty aktivní kyselosti na době zrání piva.....</i>	<i>55</i>
<i>Graf č. 9 Závislost hodnot redoxního potenciálu na době zrání piva.....</i>	<i>56</i>

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tabulka č. 1 Optimální teploty a pH enzymů používaných při rmutování.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabulka č. 2 Obsah oxidu uhličitého v jednotlivých vzorcích piva.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabulka č. 3 Naměřené hodnoty absorpance pro kalibrační křivku.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabulka č. 4 Obsah polyfenolů ve vzorcích piva.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabulka č. 5 Hodnoty pH ve vzorcích piva .....</i>	<i>51</i>
<i>Tabulka č. 6 Hodnoty redoxního potenciálu ve vzorcích piva .....</i>	<i>52</i>
<i>Tabulka č. 7 Obsah oxidu uhličitého v jednotlivých vzorcích.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabulka č. 8 Obsah polyfenolů ve vzorcích piva.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabulka č. 9 Hodnoty aktivní kyselosti ve vzorcích piva.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabulka č. 10 Hodnoty redoxního potenciálu ve vzorcích piva.....</i>	<i>56</i>

**SEZNAM PŘÍLOH****PŘÍLOHAč.1**

*Příloha č. 7 k vyhlášce č. 248/2018 Sb. ....71*

**PŘÍLOHAč.2**

*Příloha č. 8 k vyhlášce č.248/2018 Sb. Smyslové požadavky na jakost piva.....72*

**PŘÍLOHA č. 1***Příloha č. 7 k vyhlášce č. 248/2018 Sb.*

<b>druh</b>	<b>skupina</b>
pivo	stolní
	výčepní
	ležák
	plné
	silné
	nízkoalkoholické
	nealkoholické
nápoje na bázi piva	kvašený sladový nápoj
	míchaný nápoj z piva
	atypický pivní nápoj

## PŘÍLOHA č.2

Příloha č. 8 k vyhlášce č.248/2018 Sb. Fyzikální a chemické požadavky na jakost piva a nápojů na bázi piva

Ukaza tel*)	Pivo							Nápoj na bázi piva		
	nealkoh olické	nízkoalko holické	sto lní	výče pní	lež ák	plné	silné	kvašený sladový nápoj	míchaný nápoj z piva	atypi cký pivní nápo j
skuteč né prokv ašení v%	tmavá piva spodně kvašen á	nestanov eno	mi n. 45	-	mi n. 45	nestan oveno	nestan oveno	Nestanoveno Nestanoveno Min.45		
	ostatní piva spodně kvašen á	nestanov eno	mi n. 50	-	mi n. 50					
	piva svrchně kvašen á	nestanov eno	mi n. 50	-	mi n. 50					
alkoh ol v % obj.	max. 0,5	více než 0,5 max. 1,2						více než 1,2		pouze z pivovar ské technol ogie
extrak t původ ní mladi ny v % hm. **)	nestano veno	max. 6	7 až 10	11 až 12	11 až 12	min. 13	nestan oveno	nestan oveno	nestano veno	extrakt původní mladiny v % hm. **)