

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Agropodnikání

Katedra: Potravinářských biotechnologií a kvality zemědělských
produktů

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

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Sledování změn vybraných parametrů piv z minipivovaru
v průběhu zrání a skladování

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

Konzultant diplomové práce: Dr. Ing. Jaromír Kadlec

Autor diplomové práce: Bc. Martina Havlíčková

České Budějovice, 2019

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

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Martina HAVLÍČKOVÁ**
Osobní číslo: **Z17036**
Studijní program: **N4101 Zemědělské inženýrství**
Studijní obor: **Agropodnikání**
Název tématu: **Sledování změn vybraných parametrů pív z minipivovaru v průběhu zrání a skladování**
Zadávající katedra: **Katedra potrav. 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 závěrečnou fázi výroby piva (kvasného procesu) v cylindrokonických kvasných a zracích tancích. Sledovat a měřit základní analytické parametry při dokvášení piva (např. obsah alkoholu, extraktu, zdánlivého extraktu, stupňovitost, hustotu apod.).

Diplomová práce bude vypracována na základě aktualizovaných 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 řešené problematiky případně doporučení pro další směřování

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 potravní biotechnologií a kvality zemědělských produktů

Konzultant diplomové práce: Dr. Ing. Jaromír Kadlec


Katedra potravní 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
Studentůvská 1526, 370 05 České 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 15. 4. 2019

.....

Bc. Martina Havlíčková

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu mé diplomové práce, Ing. Pavlu Smetanovi, Ph.D., za pomoc, odborné vedení, cenné rady a trpělivost. Dále bych ráda poděkovala členům rodiny a přátelům za projevenou podporu při vypracování této práce.

Abstrakt

Cílem práce je sledovat závěrečnou fázi výroby piva v cylindrokoničkových kvasných a zracích tancích. Úkolem je sledovat a měřit základní analytické parametry při dokvážení piva, mezi které se řadí: % alkohol (hmot.), % alkohol (obj.), % extrakt skutečný, % extrakt zdánlivý, % extrakt původní mladiny, relativní hustota a osmotický tlak. V teoretické části práce je vysvětlen pojem pivo, dále jsou objasněny legislativní požadavky kladené na výrobu piva, požadavky na jakost a suroviny. Popsáno je dále chemické složení piva, kvašení a dokvážení piva a také princip fungování cylindrokoničkových kvasných a zracích tanků. Praktická část diplomové práce porovnává data získaná měření vzorků 10° a 12° spodně kvašeného piva plzeňského typu, kdy polovina vzorků byla odebrána z cylindrokoničkových tanků a druhá část vzorků z otevřených kádí. V dalších kapitolách jsou zpracovány výsledky jednotlivých měření a na závěr jsou shrnuty všechny zjištěné fakty.

Klíčová slova: pivo, kvašení, alkohol, extrakt původní mladiny

Abstract

The aim of this thesis is to observe the final phase of beer production in cylinder-conical fermentation and ripening tanks. The task is to observe and measure basic analytical parameters while finishing beer fermentation, that include: % alcohol (weight), % alcohol (vol.), % real extract, % apparent extract, % extract of the original wort, relative density, and osmotic pressure. The theoretical part of this thesis explains the concept of beer, further it clarifies legislative requirements on beer production, requirements on quality and ingredients. It further describes the chemical composition of beer, the fermentation of beer, as well as the principle of the functioning of cylinder-conical fermentation and ripening tanks. The practical part of the diploma thesis compares data gained through measurements of samples of 10° and 12° bottom fermented beer of Pilsner type, a half of samples being taken from cylinder-conical tanks, and the second half being taken from open tubs. Other chapters provide the processed results of individual measurements, and the conclusion sums up all the facts that were found.

Key Words: beer, fermentation, alcohol, original wort extract

Obsah

1	ÚVOD.....	9
2	LITERÁRNÍ REŠERŠE	10
2.1	Pivo.....	10
2.2	Pivovarnictví v České republice a Evropské unii.....	10
2.3	Rozdělení a označování piva a nápojů na bázi piva	11
2.3.1	Rozdělení piva.....	11
2.3.2	Rozdělení nápojů na bázi piva	12
2.4	Chemické složení piva.....	13
2.4.1	Anorganické látky	13
2.4.2	Těkavé složky piva.....	14
2.4.3	Extraktové složky piva	14
2.5	Význam piva ve výživě	15
2.6	Požadavky na jakost	17
2.7	Suroviny potřebné pro výrobu piva.....	17
2.7.1	Slad.....	17
2.7.2	Voda	18
2.7.3	Chmel a chmelové výrobky	19
2.7.4	Pivovarské kvasnice	19
2.8	Kvašení dokvašování piva v CKT.....	20
2.8.1	Hlavní kvašení.....	20
2.8.2	Dokvašování.....	21
2.9	Cylindrokónické kvasné a zrací tanky.....	21
2.9.1	Faktory ovlivňující kvašení v CKT.....	22
2.9.2	Postupy fermentace v CKT	24
2.9.3	Kontrola kvasného procesu v CKT	25
2.10	Stárnutí piva	25
2.10.1	Hlavní typy reakcí	26
2.11	Chemické a fyzikálně-chemické hodnocení.....	27
2.11.1	Čiřost.....	27
2.11.2	Barva	27
2.11.3	Pěnovost piva	27
2.11.4	Oxidačně-redukční vlastnosti.....	28

2.11.5	Chemická analýza piva	28
3	CÍL PRÁCE	32
4	MATERIÁL A METODIKA.....	33
5	VÝSLEDKY A DISKUZE	34
5.1	Alkohol hmotnostně	34
5.2	Alkohol objemově	40
5.3	Extrakt skutečný	45
5.4	Extrakt zdánlivý	51
5.5	EPM (kalk.)	56
5.6	Relativní hustota.....	62
5.7	Osmotický tlak (kalk.).....	67
6	ZÁVĚR	73
7	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	74

1 ÚVOD

Kořeny vzniku piva sahají až do starověké Mezopotámie. První zmínka, o výrobě nejstaršího nápoje lidstva, byla zaznamenána Sumery asi 7 000 let před naším letopočtem. V České republice je pivovarnictví významnou součástí české historie. Výroba piva se v průběhu jednotlivých století neustále zdokonalovala. Začala primitivní přípravou piva v jednotlivých domácnostech, pokračovala přes řemeslnou výrobu vedoucí k vzniku městských pivovarů a skončila současnou průmyslovou výrobou a moderní velkovýrobou. Navzdory neustále se vyvíjejícím technologiím zůstává princip výroby piva stále stejný.

Výroba piva posiluje dobrou pověst naší republiky po celém světě. Velmi důležitým krokem pro české pivovarnictví byl vstup zahraničních společností na český trh. Tyto společnosti se zasloužily jednak o modernizaci podniků, ale současně také o postavení českého piva ve světě a přístup českého piva na zahraniční trhy. Asi 90% produkce piva v České republice tvoří světlé pivo plzeňského typu, tzv. Pilsner (Pils) beer.

Česká republika se může pyšnit velkým množstvím pivovarů různých velikostí. Největší nárůst je zaznamenán u restauračních minipivovarů a produkčních minipivovarů s výstavem piva do 10 000 hl ročně. V roce 2018 jich bylo celkem 440.

S rozvojem minipivovarů přichází také potřeba různého vybavení a moderních technologií. Mezi potřebné vybavení řadíme cylindrokónické kvasné a zrací tanky a otevřené kádě. První dvě uvedená zařízení jsou v dnešní době nejvíc používána pro kvašení a dokvašování piva. Postupně nahrazují ostatní varianty kvasných a zracích nádob. Největší jejich výhodou, oproti ostatním variantám kvasných a zracích nádob, je automatizace kvasného procesu.

2 LITERÁRNÍ REŠERŠE

2.1 Pivo

Pivem je nazýván slabě alkoholický nápoj, jenž se po mnoho staletí vyrábí z obilných sladů, vody a chmele za účasti mikroorganismů, kterými jsou pivovarské kvasinky (Basařová *et al.*, 2010).

Česká republika se v roce 2008 stala první zemí Evropské unie, která smí používat "národní" chráněné zeměpisné označení pro pivo (MPO, 2008). Podle Českého svazu pivovarů a sladoven se Českým pivem označuje mírně alkoholický izotonický nápoj obsahující velké množství vitamínů a minerálních látek. České pivo se vyrábí specifickou metodou na vymezeném území České republiky z chmele a sladu stanovené jakosti za využití zdrojů vody se specifickým minerálním složením (Český svaz pivovarů a sladoven, 2019).

Dle vyhlášky č. 248/2018 Sb. se pivem rozumí pěnivý nápoj vyrobený zkvašením mladiny připravené ze sladu, vody, neupraveného chmele, upraveného chmele nebo chmelových výrobků, který vedle kvasným procesem vzniklého etanolu a oxidu uhličitého obsahuje i určité množství neprokvašeného extraktu. Slad lze do výše jedné třetiny hmotnosti celkového extraktu původní mladiny nahradit extraktem zejména cukru, obilného škrobu, nesladovaných obilovin nebo rýže.

2.2 Pivovarnictví v České republice a Evropské unii

Produkce piva v Evropské unii (EU) činí 39,6 miliardy litrů. Výroba piva v EU se v posledních letech mění. Velmi patrný je růst výroby piv s nízkým obsahem alkoholu a nealkoholických piv. Dalším významným faktem změn je rozvoj malých podniků. Z 9500 pivovarů v EU tvoří tři čtvrtiny malé a střední firmy (Zemědělec, 2018). Nárůst restauračních pivovarů a produkčních minipivovarů s výstavem piva do 10 000 hl ročně zaznamenává i Česká republika, kdy rok 2018 končil číslem 440 minipivovarů (Český svaz minipivovarů, 2019).

Podle sdružení The Brewers of Europe (2019) se v České republice nachází 450 pivovarů s produkcí 20 322 000 hl piva. V celkovém žebříčku všech zemí

EU skončila na 7. místě. Prvenství si však drží ve spotřebě piva a to nejen v EU, ale také ve světě. Spotřeba činí cca 140 l na osobu a rok (Český svaz pivovarů a sladoven, 2019).

2.3 Rozdělení a označování piva a nápojů na bázi piva

Základní rozdělení dle Vyhlášky č. 243/2018 Sb. je k vidění v příloze č. 1.

2.3.1 Rozdělení piva

Pivo rozdělujeme podle různých hledisek:

- **Způsob kvašení**

Piva se dělí na spodně kvašená, kdy je pivo vyrobené za použití pivovarských kvasinek spodního kvašení a na svrchně kvašená, kdy se používají pivovarské kvasinky svrchního kvašení.

- **Barva piva**

Dále je dělíme na piva světlá, vyráběná převážně ze světlých sladů a na piva tmavá a polotmavá, jenž se vyrábějí z tmavých sladů, z karamelových sladů, případně barevných sladů ve směsi se světlými slady. Pivo může být rovněž řezané, vyrobené při stáčení smísením světlých a tmavých piv.

- **Stupňovitost piva**

Vyhláška č. 243/2018 Sb. rozděluje pivo do jednotlivých skupin, a to převážně podle obsahu extraktu původní mladiny (EPM):

- stolní pivo: EPM do 6 % hm.;
- výčepní pivo: EPM 7 až 10 % hm.;
- ležák – spodně kvašené pivo: EPM 11 až 12 % hm.;
- plné pivo – svrchně kvašené pivo: EPM 11 až 12 % hm.;
- silné pivo: EPM \geq 13 % hm.;
- nízkoalkoholické pivo: obsah alkoholu 0,5 až 1,2 % obj. včetně;
- nealkoholické pivo: obsah alkoholu nejvýše 0,5 % obj..

Vyhláška uvádí další typy a styly piva:

- piva z jiných obilovin vyrobené s podílem extraktu z použitého sladu jiné obiloviny než ječmene vyšším než jedna třetina hmotnosti extraktu;
- kvasnicové pivo vyrobené dodatečným přídavkem čisté kvasničné kultury nebo podílu rozkvašené mladiny do hotového piva;
- ochucené 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.

Mezi charakteristické vlastnosti piva zařazujeme jeho barvu, chuť, vůni, hořkost a pěnivost. Tyto vlastnosti jsou pro každý druh a značku piva specifické. Pivo musí být čiré, slabý zákal může mít pouze pivo kvasnicové.

2.3.2 Rozdělení nápojů na bázi piva

Nápojem na bázi piva se označujeme kvašený sladový nápoj, míchaný nápoj z piva nebo atypický pivní nápoj:

- kvašený sladový nápoj: nápoj vyrobený ze sladiny pivovarskou technologií, který může být ochucený;
- míchaný nápoj: nápoj vyrobený smícháním piva s nealkoholickým nápojem nebo s nápojovým koncentrátem pro přípravu nealkoholických nápojů;
- atypický pivní nápoj: nápoj vyrobený na bázi piva s modifikovaným podílem sladu nebo modifikovaným způsobem kvašení.

2.4 Chemické složení piva

Pivo je disperzní soustavou různých sloučenin. Jde o koloidní roztok různých makromolekul, jako jsou bílkoviny, nukleové kyseliny, sacharidy a další významné složky. Tyto složky pocházejí ze surovin potřebných pro výrobu piva. Velká část těchto složek je výsledkem chemických a biochemických změn při sladování, rmutování, chmelovaru, kvašení a následném skladování piva (Kosař a Procházka, 2000). Množství jednotlivých složek se mění také podle druhu a šarže piva. Tím je ovlivněna jeho chuť, vůně i vzhled (Kollár, 2002).

Látky v pivu můžeme rozdělit na těkavé a netěkavé. Těkavé látky, alkoholy a estery, zodpovídají za vůni piva. Především se koncentrují v prostoru nad hladinou piva ve sklenici a při destilaci piva přecházejí do destilátu. Stanovujeme je pomocí plynové chromatografie. Mezi netěkavé látky zařazujeme anorganické soli, jednoduché sacharidy, aminokyseliny, nukleotidy, polyfenoly, hořké kyseliny a také makromolekuly bílkovin, sacharidů a nukleových kyselin. Stanovujeme je díky vysokoúčinné kapalinové chromatografii (Kosař a Procházka, 2000).

2.4.1 Anorganické látky

- **Voda**

Nejvíce zastoupená složka v pivu. Jsou v ní rozpuštěny všechny ostatní složky. Její obsah kolísá mezi 88 a 96 % a závisí na koncentraci původní mladiny (Kosař a Procházka, 2000). Pivo tedy můžeme označovat jako nápoj zavodňovací (Kollár, 2012).

- **Minerální látky**

Tyto složky pochází převážně ze sladu a částečně z varní vody. Z kationtů jsou nejvíce zastoupeny draslík, sodík, hořčík a vápník, z aniontů pak fosforečnany, chloridy, sírany a dusičnany.

- **Oxid uhličitý**

Způsobuje říz piva a je přirozeným produktem kvašení.

- **Oxid siřičitý**

Doprovodný produkt kvašení.

- **Kyslík**

Výrazně poškozuje chuť piva. Je nutné jeho styku s pivem zamezit. Do piva se může dostat během filtrace a stáčení lahvového piva (Kosař a Procházka, 2000).

2.4.2 Těkavé složky piva

- **Ethanol**

Množství závisí na koncentraci původní mladiny a stupni prokvašení. Podílí se také na plnosti piva.

- **Vyšší alkoholy**

Ovlivňují sensorické vlastnosti piva.

- **Estery**

Největší a nejdůležitější látky, jež určují sensorické vlastnosti piva.

- **Organické kyseliny**

Pivo obsahuje průměrně 300-500 mg.l⁻¹ organických kyselin, tudíž nemají prakticky žádný fyziologický efekt (Pivovary.info, 2007). Nejvíce je v pivu zastoupena kyselina octová. Dále jsou obsaženy méně těkavé nižších i vyšších mastné kyseliny.

Z dalších významných těkavých látek pivo obsahuje těkavé aminy, sirné sloučeniny a některé heterocyklické sloučeniny (Kosař a Procházka, 2000).

2.4.3 Extraktové složky piva

V závislosti na extraktu původní mladiny pivo obsahuje asi 2-6 % extraktivních látek.

- **Sacharidy**

Sacharidy jsou hlavní součástí extraktu piva. Nejdůležitější jsou dextriny. V menším množství jsou přítomny některé monosacharidy a oligosacharidy. Nejvíce zastoupené jsou zkvasitelné cukry maltóza a maltotriosa a některé nezkrasitelné, jako např. pentózy. Viskozitu piva zvyšují gumovité látky představované hlavně pentozany a β-glukany (Kosař a Procházka, 2010).

- **Dusíkaté látky**

Dusíkaté látky tvoří asi 6-9 % extraktu piva. Dělí na vysokomolekulární (kladně ovlivňují plnost piva a pěnivost), středněmolekulární a nízkomolekulární – běžné aminokyseliny (Kosař a Procházka, 2010).

- **Polyfenolové látky**

Polyfenolové látky sladu i chmele mají vliv na antioxidační aktivitu a senzoricou stabilitu piva. Přibližně 70 až 80 % polyfenolů piva pochází ze sladu, na chmelové polyfenoly zbývá 20 až 30 % (Mikyška *et al.*, 2011). Vzhledem k vlivu fenolů na kvalitu piva jsou metody analýzy fenolových sloučenin velmi důležité (Dvořáková *et al.*, 2010). Mezi polyfenolové sloučeniny zařazujeme rovněž flavonoidy, které mají obzvláště účinné antioxidační schopnosti (Kollár, 2012).

- **Hořké látky**

Mezi hořké látky zařazujeme alfa kyseliny. Z pohledu pivovarské technologie jsou to nejdůležitější složky chmele. Samy o sobě nejsou hořké, ale termickou izomerací z nich vznikají iso-alfa kyseliny, které mají intenzivně hořkou chuť a vytváří tak základ typického senzorickeho znaku piva. Více než 85 % hořkosti piva je připisováno iso-alfa kyselinám. (Krofta *et al.*, 2017). Tyto látky podporují sekreci žluče a trávicích šťáv, tudíž pozitivně ovlivňují trávení (Kollár, 2012).

Dále pivo obsahuje malé množství glycerolu a velmi nízké množství lipidů. Nezanedbatelný je i obsah některých vitaminů, zejména řady B.

2.5 Význam piva ve výživě

Olšovská *et al.* (2014) říkají, že díky vyváženému nutričnímu složení, minimálnímu obsahu cizorodých látek a nízkému obsahu alkoholu řadíme pivo mezi zdraví prospěšné nápoje – pouze v případě splnění podmínky umírněné konzumace. Jak již bylo zmíněno výše, pivo je koloidním, osmoticky vybalancovaným nápojem a obsahuje významné množství minerálních látek, pětikrát vyšší množství draslíku a sodíku a také představuje nejbohatší zdroj křemíku (Dostálová a Kadlec, 2014).

Mnohé výzkumy dokazují, že pravidelná konzumace alkoholu v dávkách 20-30 g.den⁻¹ pro muže a 10-15 g.den⁻¹ pro ženy působí preventivně proti

kardiovaskulárním onemocněním, chrání před rozvojem aterosklerózy, omezuje shlukování krevních destiček a pozitivně zasahuje do lipidového metabolismu, zvyšuje hladinu HDL cholesterolu a naopak snižuje hladinu LDL cholesterolu (Poli *et al.*, 2013). Látky přítomné v pivu a to polyfenoly, hořké látky a isoxanthohumol vedou ke snížení rizika kardiovaskulárních chorob i rakoviny (Walker, 2001). Polyfenolům jsou dále přisuzovány účinky antioxidační, antimutagenní, antikarcinogenní, antimikrobiální, antitrombotické, protizánětlivé, rovněž regulují krevní tlak a hladinu glukosy v krvi (Piendl *et al.*, 2000). Mezi další zdravotně významné látky patří flavonoidy, které mají protinádorové a antimikrobiální účinky a do piva přecházejí z chmele i sladu. Významnými jsou také vitamíny skupiny B, které do piva přicházejí ze sladu a částečně z kvasinek během fermentace. Tyto vitamíny se účastní látkové přeměny sacharidů, bílkovin, tuků, cholesterolu a nukleových kyselin, jsou nezastupitelné při procesu tvorby energie, ovlivňují stav lidské pokožky, vlasů a nehtů, jsou zásadní pro správnou činnost nervového a imunitního systému, podporují spánek, ovlivňují paměť a koncentraci (Olšovská *et al.*, 2014).

Při zvýšené tělesné námaze a velké spotřebě energie působí pivo jako výborný iontový nápoj (tab. č. 1). Rozumná konzumace piva ovlivňuje napětí a stres a tím působí kladně na zdravotní stav jedince (Basařová *et al.*, 2010). Pití piva povzbuzuje chuť k jídlu, což může u některých jedinců vést ke zvýšení tělesné hmotnosti. Dle výzkumů je riziko nadváhy u mírných konzumentů piva nižší, než u abstinentů nebo silných konzumentů (Zkustozdrave.cz, 2013).

Tab. č. 1: Nutriční a energetická hodnota piva

Nutriční a energetická hodnota piva	Obsah v 1 litru piva
Energie	1 600 kJ (380 kcal)
Bílkoviny	4 g
Celkové sacharidy	27 g
Jednoduché cukry	4 g
Etanol	37 g
Tuk	Stopy
Vláknina	3 g
Sodík	0,04 g

(Righelato, 2001)

2.6 Požadavky na jakost

Jednotná definice jakosti neexistuje, jelikož má každý odběratel nebo zákazník o jakosti vlastní představy související s jeho spokojeností (Veber *et al.*, 2002). U piva celková jakost vzrůstá s dobrou obsluhou v restauraci. Z toho vyplývá, že musí celkové řízení jakosti zahrnovat všechny související aktivity – výrobek, služba, způsob dodávky, cena (Basařová *et al.*, 2010).

Příloha č. 2 zobrazuje fyzikální a chemické požadavky na jakost piva, které najdeme ve Vyhlášce č. 248/2018 Sb. Tato vyhláška dále uvádí, že chuť, vůně a ostatní smyslové požadavky na pivo a nápoje na bázi piva musí být charakteristické pro deklarovaný druh a skupinu výrobků. Nesmí vykazovat cizí vůně a chutě. Dále uvádí, že tmavá a polotmavá piva nelze vyrábět přibarvováním světlých piv.

Dostálová a Kadlec (2014) říkají, že pro pivo je významná sensorická jakost. Hodnotí se vzhled (pěna a její stabilita), barva, vůně a chuť. Do data spotřeby by mělo pivo být koloidně a mikrobiologicky stabilní. Co se trvanlivosti týče, běžná piva mají trvanlivost tři měsíce (především sudová piva), lahvová piva mají trvanlivost šest měsíců a piva určená k exportu mají trvanlivost od devíti do dvanácti měsíců. Aby se zajistila mikrobiologická stabilita, pivo prochází pasterací.

2.7 Suroviny potřebné pro výrobu piva

2.7.1 Slad

Patří mezi základní suroviny při výrobě piva, jelikož ovlivňuje chemické složení, organoleptické vlastnosti a koloidní stabilitu piva. Podle surovin, ze kterých je slad vyráběn, rozdělujeme slad ječný, pšeničný a žitný (Pelikán a Sáková, 2001).

Na území České republiky se pro potřeby výroby sladu pěstují vybrané odrůdy jarního dvouřadého, níčního ječmene (*Hordeum distichum* var. *nutans*). Tyto odrůdy patří k nejkvalitnějším odrůdám na světě. Mnohé zahraniční odrůdy mají genetický základ z našich odrůd (Čepička *et al.*, 1995).

Dle Pelikána a Sákové (2001) rozlišujeme slady podle způsobu výroby a vlastností na:

Slady běžných typů:

- slad světlý (český, plzeňský);
- slad bavorský (mnichovský).

Speciální slady:

- karamelové;
- barevné;
- diastatické;
- pšeničné.

Největší část výroby sladů tvoří světlé slady plzeňského typu. Pšeničný slad se míchá společně s ječným sladem a slouží pro výrobu bílých pšeničných piv, svrchně kvašených (Chládek 2007). Mezi nejznámější ječmenářské oblasti u nás radíme Hanou (Čepička, 1995).

2.7.2 Voda

Patří rovněž mezi důležité suroviny pivovarského průmyslu, jelikož přímo ovlivňuje kvalitu piva. Během výroby se jí spotřebuje velké množství (Čepička, 1995). Pokud se voda používá pro vaření piva, nazýváme jí vodou varní a pokud se voda užívá pro mytí a čištění, nazýváme jí vodou užitkovou (Chládek, 2007).

Čepička (1995) říká, že podle technologického postupu se spotřebuje na výrobu 1 tuny sladu 10-15 hl vody a na 1 hl vystaveného piva se spotřebuje 12 až 15 hl vody. Dříve byly pivovary zásobovány z vlastních pivovarských studní. V dnešní době, se stoupající spotřebou vody a poklesem hladiny podzemních vod, se musí využít i další zdroje vod, např. spodní vody, pramenité vody, povrchové vody a také voda městská (Čepička, 1995).

Při posuzování kvality vody pro pivovarské účely je důležitým kritériem její tvrdost, jenž je tvořena obsahem iontů kovů alkalických zemin, zejména vápníku a hořčíku. Voda, kterou chceme využívat při vaření piva, musí mít kvalitu pitné vody a vyhovovat všem požadavkům na pitnou vodu dle současné legislativy (Chládek, 2007). Prvotním cílem každého výrobce je zajistit mikrobiologickou nezávadnost vody, což s sebou přináší nežádoucí efekty - vedlejší produkty dezinfekce. Mezi hlavní

vedlejší produkty dezinfekce patří např. vedlejší produkty chlorace, vedlejší produkty při použití oxidu chloričitého, vedlejší produkty ozonizace aj. (Janda *et al.*, 2004).

2.7.3 Chmel a chmelové výrobky

Chmel je představován usušenými chmelovými hlávkami samičích rostlin chmele evropského (*Humulus lupulus* var. *europaeus*). Na našem území se chmel pěstuje na vysoké úrovni a vyváží se téměř do celého světa. Velký podíl se dále zpracovává na chmelové výrobky. Pěstování chmele je v České republice státně kontrolováno a řízeno. Pro potřeby pěstování chmele jsou povoleny tři pěstitelské oblasti – Žatecko a Ústěcko v Čechách a Tršicko u Olomouce na Moravě (Čepička *et al.*, 1995).

Dle Čepičky *et al.* (1995) se odrůdy chmele dělí na jemné (žatecké odrůdy) a na vysokoobsažné. Podle zbarvení chmelové révy je dělíme na červeňáky (žatecké odrůdy) a na zeleňáky.

Pro výrobu piva je chmel důležitý z hlediska obsahu základních látek, jenž dávají pivu základní sensorické charakteristiky (hořkost, vůni a plnost). Dále obsahuje řadu dalších látek se zdravotním významem. Jedná se zejména o skupinu dimerů, trimerů a antioxidantů (Jurková *et al.*, 2011).

Kvalitu chmele udáváme podle obsahu pivovarsky cenných složek, zejména pryskyřic, polyfenolů a silic. Důležité jsou pryskyřice, které obsahují α -hořké kyseliny „humulony“ a β -hořké kyseliny „lupulony“ a dále také pryskyřice „resupony“. V posledním desetiletí se většina hlávkového chmelu zpracovává na různé chmelové výrobky – mleté a granulované chmely („pelety“), pastovité extrakty (získané jednostupňovým nebo dvoustupňovým vyluhováním chmelu oxidem uhličitým). V současné době skoro všechny pivovary využívají chmel granulovaný s výše zmíněným extraktem. Přírodní hlávkový chmel se využívá pouze výjimečně, například v Budějovickém Budvaru, n. p. (Chládek, 2007).

2.7.4 Pivovarské kvasnice

Kvasinky patří mezi eukaryotní heterotrofní organismy a od ostatních eukaryot se liší tím, že tvoří silnou a pevnou buněčnou stěnu. Jako zdroj uhlíku slouží těmto

organismům hlavně sacharidy, jenž jsou zpracovány aerobní respirací či kvašením (Kopecká *et al.*, 2012).

Chládek (2007) tvrdí, že pro dosažení požadované kvality piva a zabezpečení optimálního průběhu výroby je důležitý výběr vhodného kmene kvasnic. V dnešní době se používají dva základní druhy kvasinek:

- kvasinky svrchního kvašení – *S. cerevisiae*

Slouží pro výrobu svrchně kvašených piv typu „Ale“, ale také při výrobě dalších typů piv v teplotním rozmezí 18-22 °C. Po ukončení kvašení jsou vynášeny na hladinu a tvoří tzv. deku.

- kvasinky spodního kvašení – *S. cerevisiae (carlsbergensis, popř. uvarum)*

Používají se při výrobě ležáků v teplotním rozmezí 7-15 °C. Po ukončení kvasného procesu usedají na dno kvasných nádob (Basařová *et al.*, 2010).

Zdrojem kvasinek (pro přípravu nové kultury) může být provozní kvasící mladina nebo banka kvasničných kmenů (Kosař a Procházka, 2000). Při výrobě piva jsou kvasinky druhotnou odpadní surovinou. Po výrobě 1 hl piva zůstává asi 200 g kvasinek. V globálním měřítku vzniká jako vedlejší produkt pivovarské výroby téměř 400 000 tun kvasinek. Společně s výrobou vína je na světě vyrobeno přes půl milionu tun kvasinek ročně. Tyto v podstatě odpadní suroviny lze využít různými způsoby. Díky složení mastných kyselin mohou být použity při výrobě bionafty, palmitolejové kyseliny, ale také dalších látek patřících do skupiny lipidů (Řezanka *et al.*, 2017).

2.8 Kvašení dokvašování piva v CKT

Jak je zmíněno výše, při procesu kvašení se používají svrchní nebo spodní pivovarské kvasinky. Kvašení mladiny můžeme rozdělit do dvou fází:

2.8.1 Hlavní kvašení

Hlavní kvašení znamená přeměnu zkvasitelných sacharidů glukosy, maltosy a maltotriosy na etanol a oxid uhličitý, působením anaerobního kvašení. Současně vznikají i vedlejší kvasné produkty, jenž společně vytvářejí chuť a aroma piva.

Jsou jimi např. alifatické alkoholy, aldehydy, diketony, mastné kyseliny a estery (Kadlec, 2008). Fermentace se odvíjí na složení mladiny, druhu použitých kvasnic, zákvasné dávce, teplotě kvašení, tlaku, objemu a tvaru nádob aj. (Kosař a Procházka, 2000).

2.8.2 Dokvašování

Dokvašování, je podle Basařové *et al.* (2010), pomalé zkvašování sacharidů při nízkých teplotách. V této reakci probíhá sycení a fixace oxidu uhličitého se současným vyčeřením a zajištěním organoleptické zralosti piva. Čiření je velmi důležité, jelikož ovlivňuje průběh filtrace, pěnivost piva, chuť piva a jeho koloidní stabilitu (Kosař a Procházka, 2000). Při tradičním postupu probíhá dokvašování v ležáckých nádobách v podzemích sklepích nebo v izolovaných chlazených budovách. Naopak moderní doba upřednostňuje velkoobjemové izolované nádoby, jako jsou cylindrokónické tanky, Ashahi-tanky, Uni-tanky.

2.9 Cylindrokónické kvasné a zrací tanky

Cylindrokónické tanky, dále CKT, patří v dnešní době k nejvíce používaným zařízením ve fázi kvašení a dokvašování piva. Postupně nahrazují ostatní varianty kvasných a zracích nádob v pivovarech i minipivovarech (České minipivovary, 2012). Rozvoj těchto velkoobjemových nádob nastal v 60. letech 20. století.

Jedná se o uzavřené válcovité nádoby s vrchlíkem - dómem a kuželovým dnem. Cylindrická část může mít jednu až tři chladicí zóny. Podle Chládky (2007) se pro chlazení používá cirkulace vzduchu nebo přímý odpar čpavku. Velice důležitá je rychlost zchlazování mladého piva, jelikož ovlivňuje především výrobní dobu a také sedimentaci kvasnic. Z tohoto důvodu je požadováno zchlazení mladého piva z maximální teploty hlavního kvašení na teplotu dokvašování za 24 až 40 hodin (Kosař a Procházka, 2000). Kuželová část má povrch hladký především kvůli možnému zachycování kvasnic v nerovnostech. V dómu, nástavbě CKT, se nacházejí potrubí, jenž zajišťují např. odvod vzduchu a CO₂ přívod mycích roztoků do hlavic a nachází se zde rovněž vyhřívání armatur. Za materiál nejvhodnější k výrobě těchto tanků se považuje korozivzdorná ocel. Ta zajišťuje především dobrou čistitelnost a udržuje

stabilitu vnitřních povrchů (Basařová *et al.*, 2010). CKT tanky se vyrábějí ve velikosti od několika hektolitrů až po tisíce hektolitrů (Chládek, 2007).

V CKT může probíhat buď hlavní kvašení, kdy dokvašování piva pokračuje v ležáckých tancích, anebo celý proces kvašení včetně dokvašování (České minipivovary, 2012).

Výhody CKT

- automatická sanitace;
- automatizace kvasného procesu (pivo se v průběhu kvašení nepřecherává snižuje se riziko infekce, nežádoucí kontakt se vzduchem a ztráty CO₂);
- menší energetická náročnost;
- menší nároky na prostor;
- kvašení pod mírným přetlakem urychluje kvasný proces;
- řízený proces chlazení umožňuje kvašení a zrání piva v optimálním teplotním režimu – příznivý vliv na kvalitu, kratší výrobní lhůta (Destila, s.r.o., 2019);
- výroba velkého objemu piva o stejné kvalitě (Kosař a Procházka 2000).

Celková doba výroby piva v CKT se pohybuje v rozmezí 15 až 30 dnů. Doba hlavního kvašení se pohybuje v rozmezí 5 až 9 dnů (Kosař a Procházka, 2000).

2.9.1 Faktory ovlivňující kvašení v CKT

Při tradičním postupu kvašení piva je rozhodující složení mladiny, druh použitých kvasnic, zákvasná dávka, teplota kvašení, tlak, objem a tvaru nádob apod. (Kosař a Procházka 2000).

Podle Basařové *et al.* (2010) se moderní způsob kvašení v CKT liší ve složení mladiny. Kromě obsahu základních živin, důležitých pro pivovarské kvasnice, jsou pro řízení výroby piva v CKT významné zejména tyto faktory:

- **Minerální látky**

Zajistit optimální množství minerálních látek, které jsou v mladině běžně zastoupené (1,5 -2,0 %).

- **Obsah kalů**

Kosař a Procházka (2000) tvrdí, že tento faktor ovlivňuje průběh kvašení, filtrace, ale souvisí také s chuťovými parametry hotového piva. Kladen důraz je na odstraňování kalů z mladiny před zakvašením, jelikož ve velkoobjemových tancích nelze sbírat deky (hrozí nebezpečí jejich zpětného rozpouštění – snížená kvalita piva). Kalů by mladina měla obsahovat nejvýše 180 mg.l⁻¹. Obsah kalů v mladině můžeme snížit dekantéry. Ke snížení obsahu kalů slouží také vnitřní vestavby do CKT (plovoucí koule).

- **Obsah kyslíku**

Neměl by přesahovat hodnoty 7-8 mg.l⁻¹, stejně jako při tradičním způsobu. Vysoké provzdušnění mladiny pro zrychlené rozkvašování má nepříznivý vliv na organoleptické vlastnosti piva.

- **Změny pH**

Pokles hodnoty pH je rychlejší než při tradičním postupu. Změnou pH klesá rozpustnost komplexů polyfenolů s polypeptidy a také hořkých látek. Tyto látky jsou vylučovány z roztoku a jsou vynášeny do kvasné deky, nebo sedimentují s kvasnicemi. Podle Kosaře, Procházky (2000) je pokles pH doprovázen snížením barvy.

- **Hořkost piva**

Hořkost piva z CKT při stejné dávce chmelení je o 10-19 % vyšší oproti tradičnímu postupu. Je to zvýšeno konvekcí a částečným zpětným uvolňováním hořkých látek z dek.

Podle Kosaře a Procházky (2000) můžeme mezi další faktory zařadit:

- oxidačně-redukční potenciál piva;
- průběh teplot;
- tvorbu senzoryicky aktivních látek;
- tvorbu a odbourávání vicinálních diketonů;
- odpouštění kvasnic aj.

Při kvasném procesu v CKT tancích záleží na vlastnostech daného kmene kvasinek. Pivovary se při přechodu na kvašení v CKT snaží použít osvědčený kmen, jenž významně ovlivňuje specifické vlastnosti určité značky (Basařová *et al.*, 2010).

2.9.2 Postupy fermentace v CKT

V každém pivovaru nebo minipivovaru se používají různé varianty jednotlivých postupů:

- **Jednofázový postup fermentace**

Při tomto postupu fermentace probíhá hlavní kvašení i dokvašování v jednom tanku. Kvašení probíhá s teplejší zónou zrání (od 13 °C do 20 °C) a s vyšším hradicím přetlakem (0,14-0,20 MPa), poté se včas odtáhnou kvasnice a následně se pivo ochladí na teplotu kolem 0°C.

K přednostem toho postupu patří snížené riziko infekce a provzdušnění při přečerpávání piva z nádoby do nádoby, dále se snižují ztráty piva díky lepším možnostem oddělování kvasnic. Sedimentace kvasnic probíhá i v průběhu dokvašování a významné jsou také ekonomické úspory (investiční náklady, energie, sanitace). I přes výše zmíněné přednosti se dává přednost dvoufázové výrobě piva především kvůli obavám ze ztráty charakteristických vlastností piva (Basařová *et al.*, 2010).

- **Dvoufázový postup fermentace**

Basařová *et al.* (2010) říkají, že se tento postup svým provedením více podobá tradiční výrobě. Při hlavním kvašení je teplotní režim stejný, jako při tradičním procesu v maloobjemových nádobách. Teploty hlavního kvašení jsou poměrně nízké (5-9 °C). Dokvašování probíhá po přečerpání v tradičních maloobjemových nádobách, v CKT nebo ve velkoobjemových tancích (teplota 1-2 °C). Mezi výhody dvoufázového postupu fermentace patří především aplikace stabilizačních prostředků do fáze dokvašování, lepší využitelnost CKT určených pro ležení piva, možnost snížení investičních nákladů na tanky určené pouze pro dokvašování (Kosař a Procházka, 2000).

2.9.3 Kontrola kvasného procesu v CKT

Ke kontrole kvašení a dokvašování v CKT se používají čidla a specifická zařízení, která automaticky snímají a registrují chemické, biochemické a fyzikální hodnoty. Během kontroly se automaticky registruje:

- počet kvasničných buněk při zakvašování, případně počet buněk ve vznosu během fermentace;
- průtok, plnění tanku a vyprazdňování tanku mladinou, mladým pivem a sanitačními roztoky;
- registrují a regulují se teploty v jednotlivých zónách CKT;
- registruje a reguluje se hradící tlak;
- diferenciální tlak (Basařová *et al.*, 2010).

2.10 Stárnutí piva

Podle Olšovské *et al.* (2016) je senzorické stárnutí piva považováno za jeden z nejvýznamnějších problémů, kterým čelí pivovarský průmysl a tedy i pivovarská věda. Hlavním úkolem všech výrobců piva je zajistit čerstvou chuť od stočení piva až do spotřeby. (Basařová *et al.*, 2010). Chemickým změnám, které jsou způsobeny nejrůznějšími bakteriálními kontaminacemi, lze zabránit pasterací. Senzorické stárnutí piva se týká především piva uskladněného v malých obalech (lahvích, plechovkách). Rychlost stárnutí ovlivňuje jednak chemické složení piva a také skladovací podmínky – doba a teplota skladování (Olšovská *et al.*, 2016).

Během stárnutí piva dochází k senzorickým změnám, např. snížení hořkosti a změna jejího charakteru, snížení ovocného aroma, dále u některých piv stoupá aroma po košce, po černém rybízu, u dalších po vlhkém papíru nebo lepence. Mohou se vyvíjet také další vůně a chutě jako sladká, karamelová, medová, chlebová, zemitá, slámová, po seně, po dřevě, vínová, sherry atd. (Nádaský a Šmogrovičová, 2010). Bamforth (2009) říká, že zatímco piva stárnoucí přirozeným způsobem (při cca 20-25 °C) vykazují hlavně karamelové aroma, piva stárnoucích při 30°C a více převládá lepenkový charakter. Tyto změny jsou způsobeny různými chemickými procesy, při kterých vznikají zejména karbonylové látky. Šavel (2005)

říká, že pigmenty tvořené z reduktonů a oxidovaných polyfenolů hrají důležitou roli při stárnutí a mohou být označovány jako jeho ukazatele.

2.10.1 Hlavní typy reakcí

Kombinací různých typů reakcí se zhoršuje chuť a vůně při stárnutí piva. Tyto reakce se mohou vzájemně kombinovat (Narziss, 1986). Jako hlavní příčinu stárnutí piva považuje Basařová *et al.* (2010) chemickou oxidaci aminokyselin a lipidů. Jako doprovodné reakce se považují:

- Streckerovo odbourávání aminokyselin;
- Maillardova reakce;
- oxidace nenasycených mastných kyselin a jejich derivátů;
- oxidace alkohol a acetalů;
- oxidace hořkých látek a silic;
- oxidace polyfenolů;
- aldolová kondenzace karbonylových sloučenin;
- sekundární oxidace aldehydů;
- autooxidace a fotooxidace různých složek piva.

Basařová *et al.* (2010) dále uvádějí faktory, jenž ovlivňující stárnutí piva:

- teplota skladování;
- světlo a záření;
- anaerobní a aerobní oxidace;
- oxidačně - redukční potenciál;
- radikálová oxidace reaktivních forem kyslíku;
- látky s antioxidačním účinek;
- acidita;
- mechanické faktory.

Stárnutí piva nelze zabránit jednoduchým technologickým zásahem. Je proto nutné všechny negativní prvky odstranit nebo alespoň minimalizovat. Velký význam přitom sehrává použitý kmen kvasinek, jeho geneticky kódované vlastnosti včetně uplatnění v různých podmínkách kvasného procesu (Basařová *et al.*, 2003). Kromě

kvasinek se klade důraz rovněž na kvalitu použitých surovin – slad, chmel a chmelové přípravky, varní voda (Basařová *et al.*, 2010).

2.11 Chemické a fyzikálně-chemické hodnocení

2.11.1 Čiřost

Průzračnost piva je důležitým znakem a dosahuje se filtrací. Pokud tomu tak není, zákal je rozptýlen v celém objemu nebo má sediment usazenou u dna (Kosař a Kollár, 2000).

2.11.2 Barva

Jak bylo zmíněno v kapitole č. 2.3.1, rozlišujeme piva světlá, polotmavá a tmavá. Světlá piva mají zlatožlutou barvu, polotmavá zlatohnědou a tmavá piva vykazují celou škálu tmavohnědých nebo červenohnědých odstínů. Kosař a Kollár (2010) tvrdí, že barvu piva určuje převážně obsah melanoidinových látek a produktů karamelizačních reakcí.

Čiřost i barva jsou silně ovlivněny použitými surovinami, procesem výroby i skladováním produktu. Oba tyto parametry jsou indikátorem změn během jeho stárnutí (Callemien a Collin, 2007).

2.11.3 Pěnovost piva

Pro pivo českého typu je charakteristická vysoká, jemná, hustá a trvanlivá pěna. Spotřebitel vnímá výšku pěny, její tvar, strukturu, barvu, rychlost rozpadu, ulpívání na stěně sklenice a zejména vzhled a stabilitu poslední vrstvy pěny na hladině piva do vzniku tzv. lysinky (Šavel a Brož, 2006). Pivní pěna je tvořena bublinkami oxidu uhličitého (nebo vzduchu, popř. dusíku). Bublínky jsou obaleny jemným filmem piva, jenž obsahuje povrchově aktivní látky. Látky, podporující pěnovost, jsou hlavně vysokomolekulární bílkoviny – glykoproteiny, dále hořké chmelové látky a některé kovové ionty. Kosař a Kollár (2000) dále říkají, že negativně pěnovost ovlivňují látky lipidického charakteru, např. vyšší mastné kyseliny. Dalším negativním jevem,

jenž se týká pěnivosti, může být tzv. přepěňování piva (gushing), kdy při otevření lahve pěna vyteče z lahve. Tento děj je způsoben nejčastěji přítomností plísní v použitém sladu. Za hlavní faktor tvorby pěny se považuje přítomnost hydrofobních polypeptidů, kdy je jejich množství přímo ovlivněno technologií výroby piva (Stewart, 2006).

Šavel a Brož (2006) uvádějí, že při měření pěnivosti piva se uplatňují tyto principy:

- vizuální posouzení (popis pěny);
- měření rychlosti poklesu povrchu pěny;
- měření nárůstu objemu piva pod pěnou během jejího rozpadu;
- měření dalších fyzikálních vlastností pěny;
- měření pěnivé schopnosti matrice.

2.11.4 Oxidačně-redukční vlastnosti

Hotové pivo je směsí látek, ve které převažují oxidační nebo redukční vlastnosti. Vzájemný poměr těchto vlastností určuje tzv. oxidačně-redukční potenciál, který se stykem piva s kyslíkem snižuje, naopak se zvyšující se koncentrací redukujících látek roste. Příznivý je jeho růst, jelikož má vliv na koloidní i senzoryckou stabilitu piva (Kosař a Kollár, 2000).

2.11.5 Chemická analýza piva

Chemická analýza piva ověřuje naplnění požadavků kladených na vyrobený finální produkt a posouzení jeho jakosti.

Podle Pelikána a Sákové (1998) pro potřebu chemického a fyzikálně-chemického hodnocení potřebujeme vhodně upravený vzorek. K tomu postačí 1 láhev, která musí být vytemperovaná na teplotu místnosti (asi 20 °C). Dále se musí pivo zbavit oxidu uhličitého a to tak, že se nalije do kuželové baňky a vloží se na půl hodiny na laboratorní třepačku. Posledním krokem je filtrace vzorku piva přes suchý filtr, tím se zbaví pěny. Takto upraven vzorek potřebujeme pro všechny zkoušky, kromě stanovení oxidu uhličitého v pivu.

- Stanovení zdánlivého, skutečného a dosažitelného extraktu, alkoholu a původního extraktu mladiny

Tyto zkoušky provádíme pomocí dvou metod:

- Destilační metoda = destilace určitého množství piva.

Z měrné hodnoty destilátu, zjištěné předchozí zkouškou, se určí obsah alkoholu a z měrné hmotnosti piva zbaveného oxidu uhličitého a etanolu se stanoví skutečný extrakt.

- Refraktometrické stanovení = refrakce piva zbaveného CO₂.

Podle příslušných vzorců zjistíme obsah alkoholu a skutečného extraktu a to odečtením z měrné hmotnosti piva (Pelikán a Sáková, 1998). Kosař a Kollár (2000) dále vysvětlují:

Extrakt zdánlivý (Ez): vyjadřuje extrakt piva zbavený CO₂. Stanovuje se sacharometricky.

Extrakt skutečný (Es): vyjadřuje nezkvašený extrakt piva zbavený CO₂ a alkoholu. Po oddestilování alkoholu z piva se doplní destilovanou vodou na původní hmotnost a stanoví se sacharometricky.

Extrakt dosažitelný (Ed): zjistíme tak, že se pivo zakvasí pivovarskými kvasnicemi a nechá se prokvasit veškerý zbytkový extrakt.

Alkohol (A): se stanovuje denzitometricky."

Extrakt původní mladiny (P): zjistíme z koncentrace piva, vyjádřené v procentech před zakvašením, ze které se pivo vyrobilo.

Všechny veličiny vyjadřujeme v hmotnostních procentech (% hm.).

- Stanovení pH

Hodnota pH se stanovuje běžným pH metrem se skleněnou elektrodou, která využívá vlastnosti skleněné membrány. Běžné hodnoty pH pro světlé pivo jsou 4,1-4,8 a pro tmavé pivo 4,0-4,8 (Kosař a Kollár, 2000).

- Stanovení barvy

Barva piva se stanovuje objektivně spektrofotometricky při vlnové délce 430 nm. Udává se v jednotkách EBC.

- světlá piva 8-12 j. EBC;
- polotmavá piva 20-40 j. EBC;
- tmavá piva 60-120 j. EBC (Kosař a Kollár, 2000).

- Stanovení čirosti

Čirost piva se udává v jednotkách EBC. U čerstvě stočeného piva se čirost pohybuje v rozmezí 0,3-0,6 j. EBC. Čirost se měří pomocí speciálních zákaloměrů – nefelometrů (Kosař a Kollár, 2000).

- Stanovení hořkosti

Hořké látky se stanovují se spektrofotometricky jako „izosloučeniny“ vytřepáním do isooktanu. Hořkost se udává v jednotkách EBC (jedna jednotka = 1 mg hořkých látek v jednom litru piva):

- 10% piva 20–25 j. EBC,
- 12% piva 25–40 j. EBC (Kosař a Kollár, 2000).

- Stanovení oxidu uhličitého

Oxid uhličitý se stanovuje různými metodami. Nejrozšířenější u nás je metoda volumetrická, která spočívá ve výpočtu obsahu CO₂ z hodnot tlaku v lahvi a obsahu vzduchu v hrdlovém prostoru. Můžeme použít i metoda titrační. Obsah CO₂ se udává v % hm. nebo g.l⁻¹:

- méně sycená – obsah CO₂ pod 0,35 %;
- dobře sycená – obsah CO₂ více než 0,45 % (Kosař a Kollár, 2000).

- **Stanovení pěnivosti**

Stanovení pěnivosti se stanovuje několika různými metodami pomocí speciálně vyvinutých zařízení nebo přístrojů, kdy dochází k standardnímu napěnění piva a měření rychlosti vzniku kapaliny z pěny nebo rychlosti poklesu povrchu pěny (Kosař a Kollár, 2000).

Podle Pelikána a Sákové (1998) se při orientační nalévací zkoušce vytemperovaný vzorek piva nalije ze standardní výšky do zkušební sklenice a délkovým měřidlem se změří výška pěny a čas, který uplyne od ukončení nalévání vzorku do vzniku lysinky na povrchu piva. Poté se vizuálně posoudí kvalita a výška pěny. Výška pěny piva má být nejméně 30 až 40 mm. Pěna má být stabilní nejméně 2 až 3 minuty podle původní koncentrace mladiny.

- **Stanovení měrné hmotnosti (hustoty)**

Stanovuje se z piva zbaveného CO₂. Tato zkouška se provádí pyknometricky za teploty 20°C (Pelikán a Sáková, 1998).

- **Stanovení trvanlivosti**

Stanovení trvanlivosti znamená zkoušku biologické, případně fyzikálně chemické stability vzorků piva, jež jsou uloženy za daných podmínek při 20°C (Pelikán a Sáková, 1998).

3 CÍL PRÁCE

Cílem praktické části diplomové práce je sledovat závěrečnou fázi výroby piva (kvasného procesu) v cylindrokonických kvasných a zracích tancích a v otevřených kádích. Sledovat a měřit základní analytické parametry při dokvácení piva, konkrétně % alkoholu (hmot.), % alkoholu (obj.), extrakt skutečný, extrakt zdánlivý, extrakt původní mladiny, relativní hustotu a osmotický tlak. Z výsledků měření zjistit, jaký způsob kvašení je efektivnější.

4 MATERIÁL A METODIKA

Vzorky (3 vzorky 10° spodně kvašeného piva, plzeňského typu a 3 vzorky 12° spodně kvašeného piva, plzeňského typu), potřebné pro experimentální část, byly odebírány 1x denně od 20. 11. 2018 do 18. 12. 2018, vždy mezi 9-10 hodinou. Každý vzorek pochází z jiného CKT tanku a z jiné otevřené kádě. Jednotlivé vzorky byly zpracovány na přístrojích na obr. č. 1 a 2:

Obr. č. 1: Analyzátor piva FermentoFlash (FunkeGerber, Německo)



Zdroj: autor

Obr. č. 2: Ultrazvuková lázeň Ultrasonic Cleaner AU-32 (ARGO LAB, Itálie)



Zdroj: autor

Po odebrání byly vzorky umístěny do ultrazvukové lázně, kde byly vytemperovány na teplotu 20 °C a zároveň z nich byl odstraněn CO₂. Poté bylo množství cca 100 ml převedeno do 150 ml kádinky a byla provedena vlastní analýza. Každá rozbor byl 3x opakován. Výsledky byly tabulkově, graficky a statisticky zpracovány pomocí programu Microsoft EXCEL (Microsoft, USA).

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

Pro každý parametr byl nejprve porovnán vývoj jednotlivých vzorků v rámci 12 měření. Vzorky 1-3 zaznamenávaly vývoj hodnot v CKT tanku a vzorky 4-6 sledovaly vývoj hodnot v otevřených kádích. Měřilo se zvláště 10° spodně kvašené pivo plzeňského typu a 12° spodně kvašené pivo plzeňského typu.

V další části byl určen průměr, rozptyl a odchylka, vždy mezi jedním vzorkem pocházejícím z CKT tanku a mezi vzorkem pocházejícím z otevřené kádě. Vyhodnocen byl opět každý parametr zvláště. Zřetel byl brán rovněž na 10° pivo a 12° pivo. Grafy porovnávají jednotlivé parametry a vývoj jednotlivých vzorků v průběhu měření a zobrazují rozdíl mezi CKT tankem a otevřenou kádí.

5.1 Alkohol hmotnostně

Jak uvádějí Basařová *et al.* (2010), podíl alkoholu v pivu je závislý na stupni prokvašení – zbytkovém extraktu. Piva tuzemská, plzeňského typu, mají vyšší zbytkový extrakt, který souvisí s nižší mírou prokvašení. To se pro piva plzeňského typu projevuje typickou plností, ale relativně nižším podílem alkoholu. Z tabulky č. 2 a grafu č. 1, sledující 10° pivo, vyplývá, že se obsah alkoholu vyvíjel mírně kolísavě. Po posledním měření dosahoval u všech vzorků hodnoty kolem 3 % hm.. Nejvíce alkoholu v % hm. bylo zaznamenáno u vzorků č. 2 a 5, nejméně u vzorků č. 3 a 6. Jeho hodnoty odpovídají parametrům, které pro tento druh piv stanovuje Vyhláška č. 248/2018 Sb., o požadavcích na nápoje, kvasný ocet a droždí.

Jak je patrné z tabulky č. 4, nejvyššího obsahu hmotnostního alkoholu u 12° piva dosáhly vzorky 2 a 5 – 3,98 % hm. a 3,99 % hm., nejméně vzorky 3 a 6 – shodně 3,76 % hm.. Jak je patrné z grafů č. 1 a 5, naměřené hodnoty z CKT tanků a z otevřených kádí se liší o 0,01. Platí to pro vzorky 10° i 12° piva.

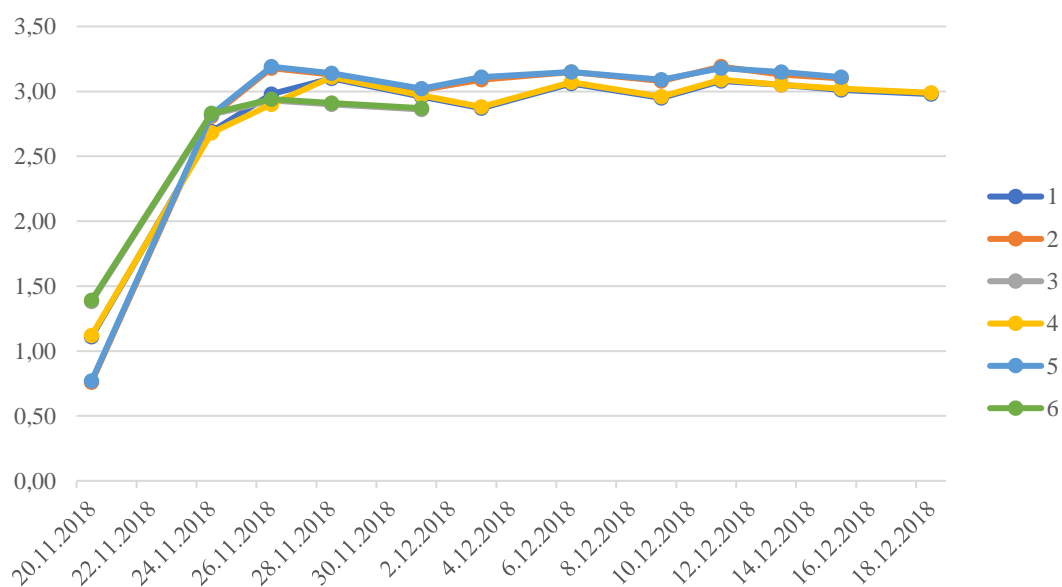
Na tabulkách č. 3 a 5 vidíme podrobnější porovnání jednotlivých vzorků. U většiny vzorků je směrodatná odchylka 0,005 a rozptyl buď 0,00003 resp. 0,00002. Grafy č. 2, 3, 4, 6, 7, 8 shodně ukazují, že se od sebe kvašení v CKT tancích a otevřených kádích významně neliší.

- Spodně kvašené pivo plzeňského typu – 10°

Tab. č. 2: Vývoj obsahu alkoholu (% hm.) v 10° spodně kvašeném pivu plzeňského typu

Datum měření / Vzorky	CKT			otevřená kád'		
	1	2	3	4	5	6
20.11.2018	1,11	0,76	1,38	1,12	0,77	1,39
24.11.2018	2,69	2,81	2,82	2,68	2,82	2,83
26.11.2018	2,98	3,18	2,93	2,90	3,19	2,94
28.11.2018	3,10	3,13	2,90	3,11	3,14	2,91
1.12.2018	2,96	3,01	2,86	2,97	3,02	2,87
3.12.2018	2,87	3,09		2,88	3,11	
6.12.2018	3,06	3,15		3,07	3,15	
9.12.2018	2,95	3,08		2,96	3,09	
11.12.2018	3,08	3,19		3,09	3,18	
13.12.2018	3,05	3,13		3,05	3,15	
15.12.2018	3,01	3,10		3,02	3,11	
18.12.2018	2,98			2,99		

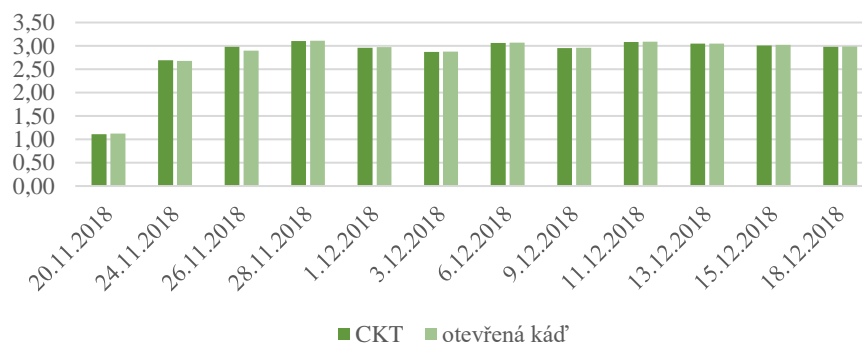
Graf č. 1: Vývoj obsahu alkoholu (% hm.) v 10° spodně kvašeném pivu plzeňského typu



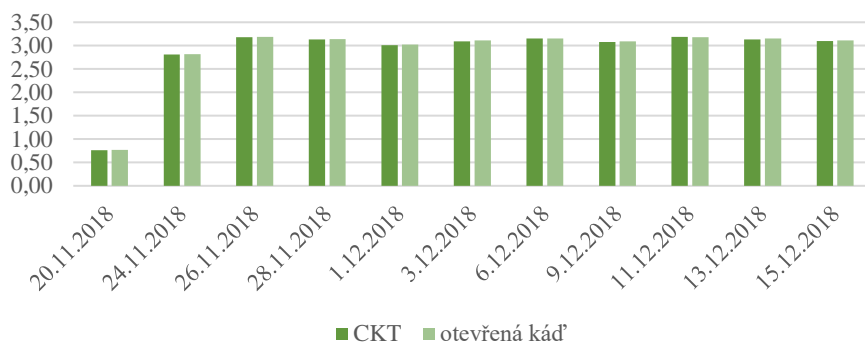
Tab. č. 3: Porovnání vzorků 10° spodně kvašeného piva plzeňského typu – obsah alkoholu (% hm.)

Datum měření/vzorky	1 a 4			2 a 5			3 a 6		
	průměr	Rozptyl	směrodatná odchylka	průměr	rozptyl	směrodatná odchylka	průměr	rozptyl	směrodatná odchylka
20.11.2018	1,115	0,00003	0,005	0,765	0,00003	0,005	1,385	0,0003	0,005
24.11.2018	2,685	0,00002	0,005	2,815	0,00002	0,005	2,825	0,00003	0,005
26.11.2018	2,940	0,00160	0,04	3,185	0,00002	0,005	2,935	0,00002	0,005
28.11.2018	3,105	0,00002	0,005	3,135	0,00003	0,005	2,905	0,00003	0,005
1.12.2018	2,965	0,00003	0,005	3,015	0,00003	0,005	2,685	0,00003	0,005
3.12.2018	2,875	0,00002	0,005	3,100	0,00010	0,01			
6.12.2018	3,065	0,00002	0,005	3,150	0,00000	0			
9.12.2018	2,955	0,00002	0,005	3,085	0,00002	0,005			
11.12.2018	3,085	0,00002	0,005	3,185	0,00002	0,005			
13.12.2018	3,050	0,00000	0	3,140	0,00010	0,01			
15.12.2018	3,015	0,00003	0,005	3,105	0,00002	0,005			
18.12.2018	2,985	0,00003	0,005						

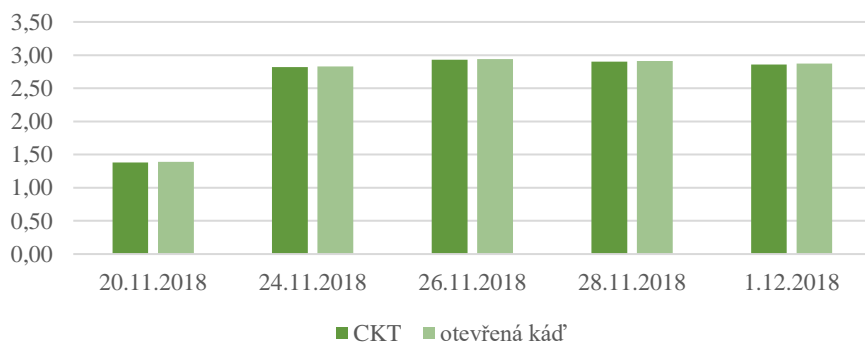
Graf č. 2: Porovnání vzorků 1 a 4 – obsah alkoholu v % hm. (10° spodně kvašené pivo plzeňského typu)



Graf č. 3: Porovnání vzorků 2 a 5 – obsah alkoholu v % hm. (10° spodně kvašené pivo plzeňského typu)



Graf č. 4: Porovnání vzorků 3 a 6 – obsah alkoholu v % hm. (10° spodně kvašené pivo plzeňského typu)

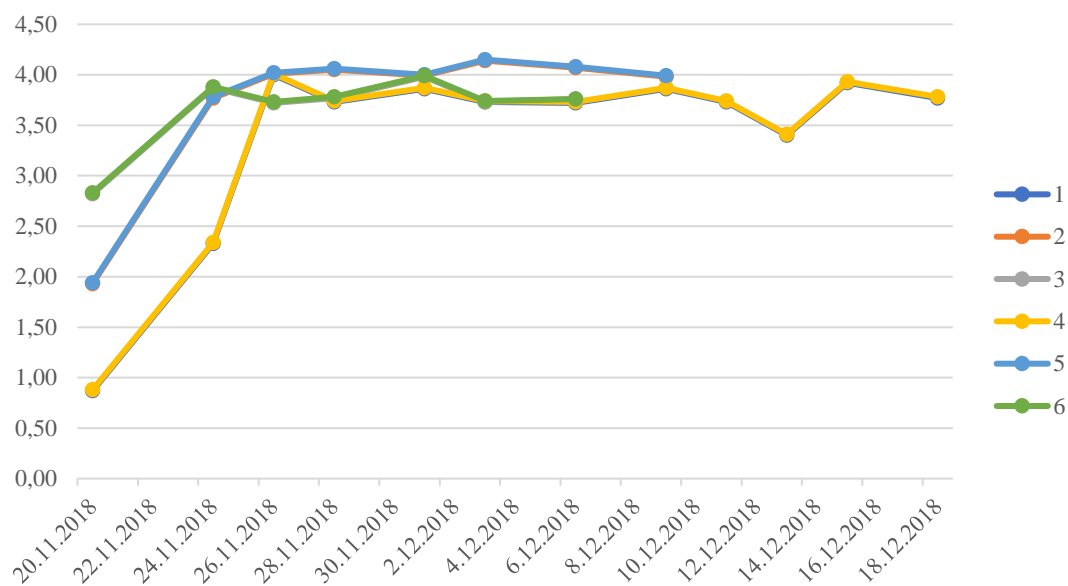


- **Spodně kvašené pivo plzeňského typu – 12°**

Tab. č. 4: Vývoj obsahu alkoholu (% hm.) u 12° spodně kvašeného piva plzeňského typu

Datum měření / Vzorky	CKT			otevřená kád'		
	1	2	3	4	5	6
20.11.2018	0,87	1,93	2,82	0,88	1,94	2,83
24.11.2018	2,33	3,77	3,87	2,34	3,78	3,88
26.11.2018	4,00	4,01	3,72	4,01	4,02	3,73
28.11.2018	3,73	4,05	3,77	3,74	4,06	3,78
1.12.2018	3,86	3,99	3,98	3,87	4,00	3,99
3.12.2018	3,73	4,14	3,73	3,74	4,15	3,74
6.12.2018	3,72	4,07	3,76	3,73	4,08	3,76
9.12.2018	3,86	3,98		3,87	3,99	
11.12.2018	3,73			3,74		
13.12.2018	3,40			3,41		
15.12.2018	3,92			3,93		
18.12.2018	3,77			3,78		

Graf č. 5: Vývoj obsahu alkoholu (% hm.) u 12° spodně kvašeného piva plzeňského typu

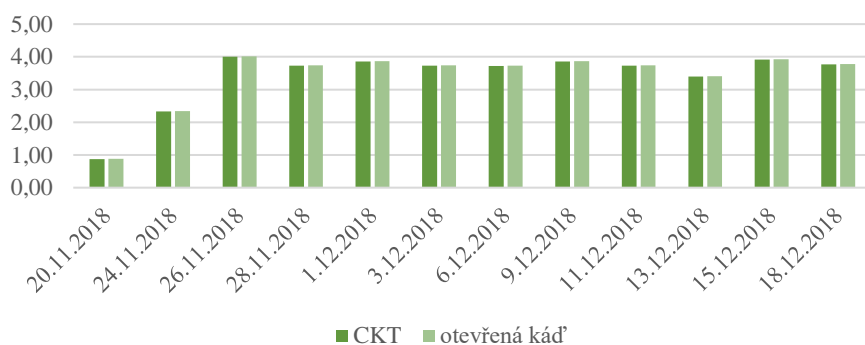


Tab. č. 5: Porovnání vzorků 12° spodně kvašeného piva plzeňského typu – obsah alkohol (% hm.)

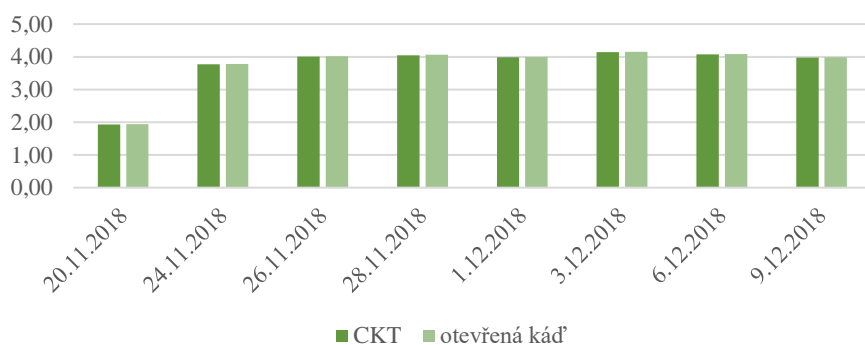
Datum měření/vzorky	1 a 4			2 a 5			3 a 6		
	průměr	rozptyl	směrodatná odchylka	průměr	rozptyl	směrodatná odchylka	průměr	rozptyl	směrodatná odchylka
20.11.2018	0,875	,00003	0,005	1,935	0,00003	0,005	2,825	0,00003	0,005
24.11.2018	2,335	0,00002	0,005	3,775	0,00002	0,005	3,875	0,00002	0,005
26.11.2018	4,005	0,00002	0,005	4,015	0,00002	0,005	3,725	0,00002	0,005
28.11.2018	3,735	0,00003	0,005	4,055	0,00002	0,005	3,775	0,00002	0,005
1.12.2018	3,865	0,00003	0,005	3,995	0,00002	0,005	3,985	0,00003	0,005
3.12.2018	3,735	0,00003	0,005	4,145	0,00003	0,005	3,735	0,00003	0,005
6.12.2018	3,725	0,00002	0,005	4,075	0,00002	0,005	3,760	0,00000	0
9.12.2018	3,865	0,00003	0,005	3,985	0,00003	0,005			
11.12.2018	3,735	0,00003	0,005						

13.12.2018	3,405	0,00003	0,005						
15.12.2018	3,924	0,00003	0,005						
18.12.2018	3,775	0,00002	0,005						

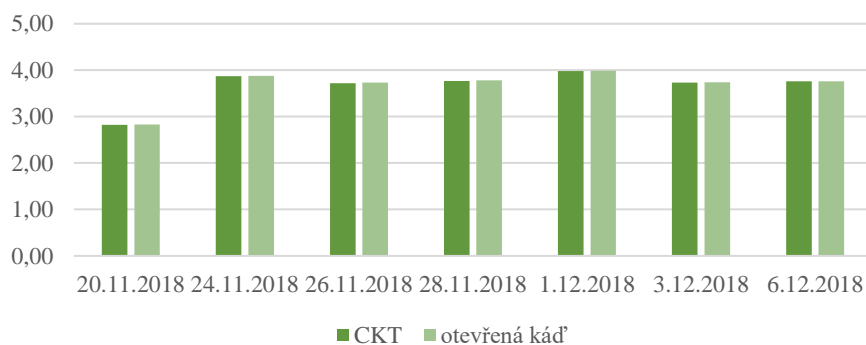
Graf č. 6: Porovnání vzorků 1 a 4 – obsah alkoholu v % hm. (12° spodně kvašené pivo plzeňského typu)



Graf č. 7: Porovnání vzorků 2 a 5 – obsah alkoholu v % hm. (12° spodně kvašené pivo plzeňského typu)



Graf č. 8: Porovnání vzorků 3 a 6 – obsah alkoholu v % hm. (12° spodně kvašené pivo plzeňského typu)



5.2 Alkohol objemově

Vyhláška č. 248/2018 Sb., o požadavcích na nápoje, kvasný ocet a droždí stanovuje obsah objemového alkoholu, u 10° i 12° piva, více než 1,2 % obj.. Tuto hranici splňují všechny vzorky 10° i 12° piva. Tabulka č. 6 zobrazuje vývoj objemového alkoholu 10° piva a je z ní patrné, že nejvyšších hodnot dosahují vzorky 2 a 5 – 4,00 % obj. a 4,02 % obj.. Nejmenší hodnoty, 3,68 % obj. a 3,69 % obj., dosahují vzorky č. 3 a 6. U 12° piva vycházejí hodnoty oproti 10° pivu vyšší o zhruba 1 % obj. (tabulka č. 8). Nejvíce alkoholu v % obj. bylo zaznamenáno u vzorků č. 2 a 5 – 5,06 % obj. a 5,07 % obj., nejméně u vzorků 3 a 6 - shodně 4,79 % obj.. Z grafů č. 9 a 13 vyplývá, že je % objemového alkoholu v CKT tancích a otevřených kádích téměř stejné a při závěrečném měření se liší o 0,01 % obj.. Hodnoty se u 10° piva mění mírně kolísavě (graf č. 9), u 12° piva dochází mezi vzorky k výraznějším výkyvům.

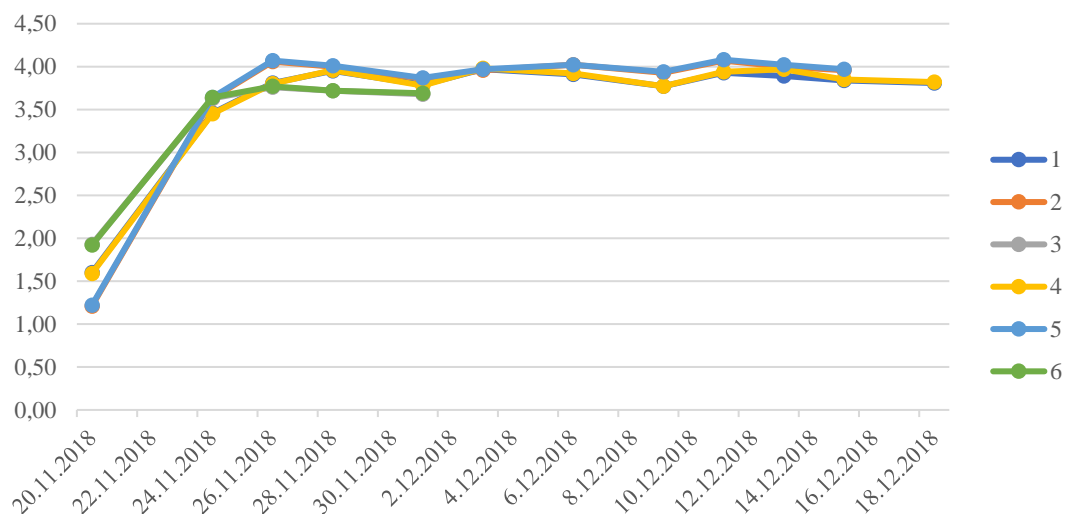
V tabulkách č. 7 a 9 jsou porovnány podrobněji vzorky z CKT tanků a otevřených kádí. Rozptyl se u obou piv pohybuje od 0,00000 do 0,00003. Směrodatná odchylka činí většinou 0,005. Grafy č. 10, 11, 12, 14, 15, 16 potvrzují, že kvašení v CKT tancích a otevřených kádích se neliší.

- **Spodně kvašené pivo plzeňského typu – 10°**

Tab. č. 6: Vývoj obsahu alkoholu (% obj.) v 10° spodně kvašeném pivu plzeňského typu

Datum měření / Vzorky	CKT			otevřená kád'		
	1	2	3	4	5	6
20.11.2018	1,60	1,21	1,93	1,59	1,22	1,92
24.11.2018	3,46	3,63	3,63	3,45	3,64	3,64
26.11.2018	3,81	4,06	3,76	3,80	4,07	3,77
28.11.2018	3,95	4,00	3,72	3,96	4,01	3,72
1.12.2018	3,79	3,86	3,68	3,78	3,87	3,69
3.12.2018	3,97	3,96		3,98	3,97	
6.12.2018	3,91	4,02		3,92	4,02	
9.12.2018	3,77	3,93		3,77	3,94	
11.12.2018	3,93	4,07		3,94	4,08	
13.12.2018	3,89	4,00		3,97	4,02	
15.12.2018	3,84	3,96		3,85	3,97	
18.12.2018	3,81			3,82		

Graf č. 9: Vývoj obsahu alkoholu (% obj.) v 10° spodně kvašeném pivu plzeňského typu

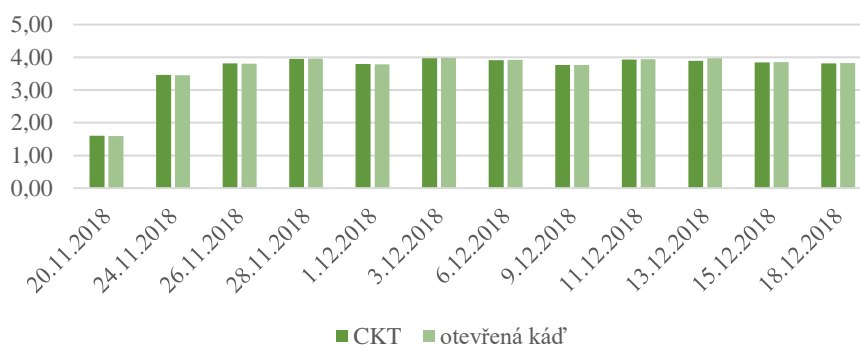


Tab. č. 7: Porovnání vzorků 10° spodně kvašeného piva plzeňského typu – obsah alkoholu (% obj.)

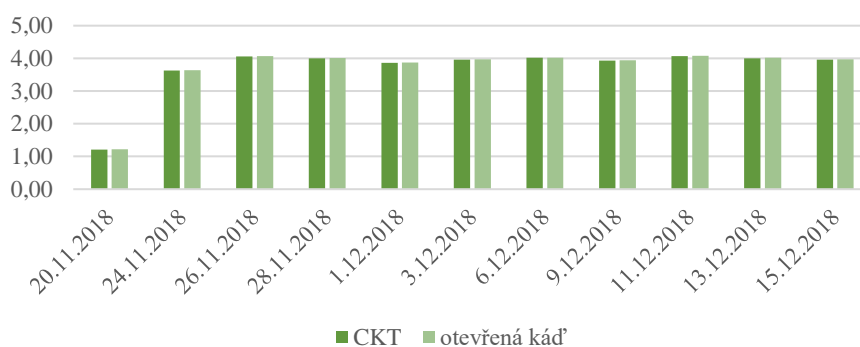
Datum měření/vzorky	1 a 4			2 a 5			3 a 6		
	<i>průměr</i>	<i>rozptyl</i>	<i>směrodatná odchylka</i>	<i>průměr</i>	<i>Rozptyl</i>	<i>směrodatná odchylka</i>	<i>průměr</i>	<i>Rozptyl</i>	<i>směrodatná odchylka</i>
20.11.2018	1,595	0,00003	0,005	1,215	0,00003	0,005	1,925	0,00003	0,005
24.11.2018	3,455	0,00002	0,005	3,635	0,00003	0,005	3,635	0,00003	0,005
26.11.2018	3,805	0,00003	0,005	4,065	0,00003	0,005	3,765	0,00003	0,005
28.11.2018	3,955	0,00002	0,005	4,005	0,00002	0,005	3,720	0,00000	0
1.12.2018	3,785	0,00003	0,005	3,865	0,00003	0,005	3,685	0,00002	0,005
3.12.2018	3,975	0,00002	0,005	3,965	0,00003	0,005			
6.12.2018	3,915	0,00002	0,005	4,020	0,00000	0			
9.12.2018	3,770	0,00000	0	3,935	0,00002	0,005			
11.12.2018	3,935	0,00002	0,005	4,075	0,00002	0,005			
13.12.2018	3,930	0,000160	0,04	4,010	0,00010	0,01			

15.12.2018	3,845	0,00003	0,005	3,965	0,00003	0,005			
18.12.2018	3,815	0,00002	0,005						

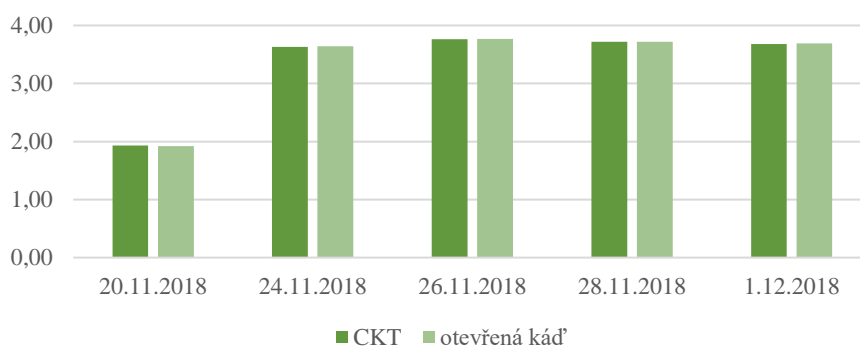
Graf č. 10: Porovnání vzorků 1 a 4 – obsah alkoholu v % obj. (10° spodně kvašené pivo plzeňského typu)



Graf č. 11: Porovnání vzorků 2 a 5 – obsah alkoholu v % obj. (10° spodně kvašené pivo plzeňského typu)



Graf č. 12: Porovnání vzorků 3 a 6 – obsah alkoholu v % obj. (10° spodně kvašené pivo plzeňského typu)

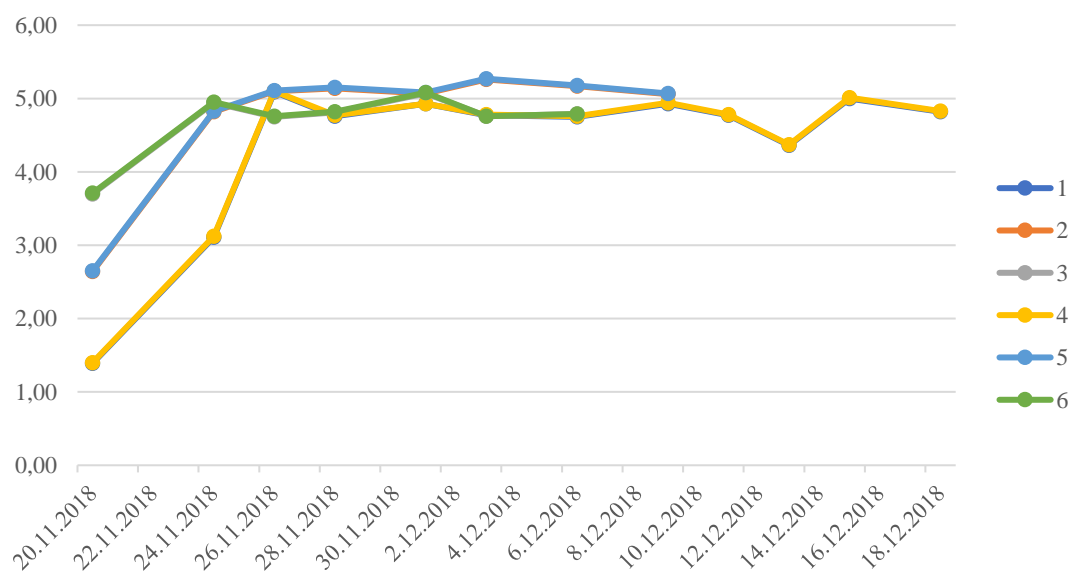


- Spodně kvašené pivo plzeňského typu – 12°

Tab. č. 8: Vývoj obsahu alkoholu (% obj.) ve 12° spodně kvašeném pivu plzeňského typu

Datum měření / Vzorky	CKT			otevřená kád'		
	1	2	3	4	5	6
20.11.2018	1,39	2,64	3,70	1,40	2,65	3,71
24.11.2018	3,11	4,82	4,94	3,12	4,83	4,95
26.11.2018	5,09	5,10	4,75	5,10	5,11	4,76
28.11.2018	4,76	5,14	4,81	4,77	5,15	4,82
1.12.2018	4,93	5,07	5,07	4,93	5,08	5,08
3.12.2018	4,77	5,26	4,76	4,78	5,27	4,76
6.12.2018	4,75	5,17	4,79	4,76	5,18	4,79
9.12.2018	4,93	5,06		4,94	5,07	
11.12.2018	4,77			4,78		
13.12.2018	4,36			4,37		
15.12.2018	5,00			5,01		
18.12.2018	4,82			4,83		

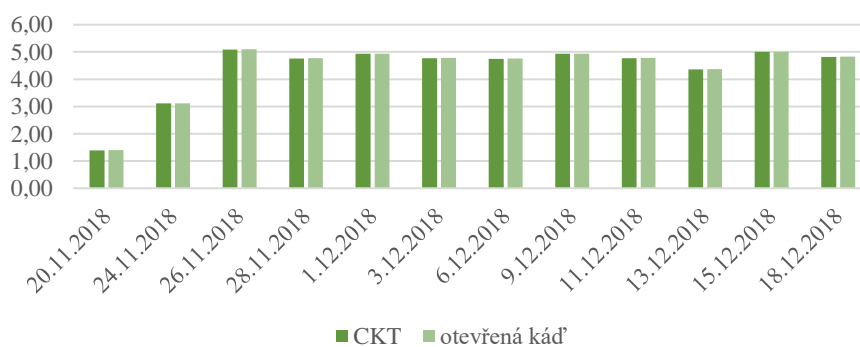
Graf č. 13: Vývoj obsahu alkoholu (% obj.) ve 12° spodně kvašeném pivu plzeňského typu



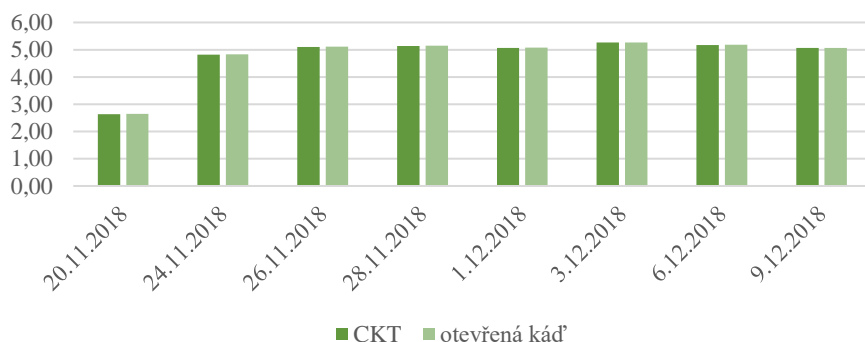
Tab. č. 9: Porovnání vzorků 12° spodně kvašeného piva plzeňského typu – obsah alkoholu (% obj.)

Datum měření/vzorky	1 a 4			2 a 5			3 a 6		
	průměr	rozptyl	směrodatná odchylka	průměr	Rozptyl	směrodatná odchylka	průměr	rozptyl	směrodatná odchylka
20.11.2018	1,395	0,00003	0,005	2,645	0,00002	0,005	3,075	0,00002	0,005
24.11.2018	3,115	0,00003	0,005	4,825	0,00002	0,005	4,945	0,00002	0,005
26.11.2018	5,095	0,00002	0,005	5,105	0,00003	0,005	4,755	0,00002	0,005
28.11.2018	4,765	0,00002	0,005	5,145	0,00003	0,005	4,815	0,00003	0,005
1.12.2018	4,930	0,00000	0	5,075	0,00002	0,005	5,075	0,00002	0,005
3.12.2018	4,775	0,00003	0,005	5,265	0,00002	0,005	4,760	0,00000	0
6.12.2018	4,755	0,00002	0,005	5,175	0,00002	0,005	4,790	0,00000	0
9.12.2018	4,935	0,00003	0,005	5,065	0,00003	0,005			
11.12.2018	4,775	0,00003	0,005						
13.12.2018	4,365	0,00002	0,005						
15.12.2018	5,005	0,00002	0,005						
18.12.2018	4,825	0,00002	0,005						

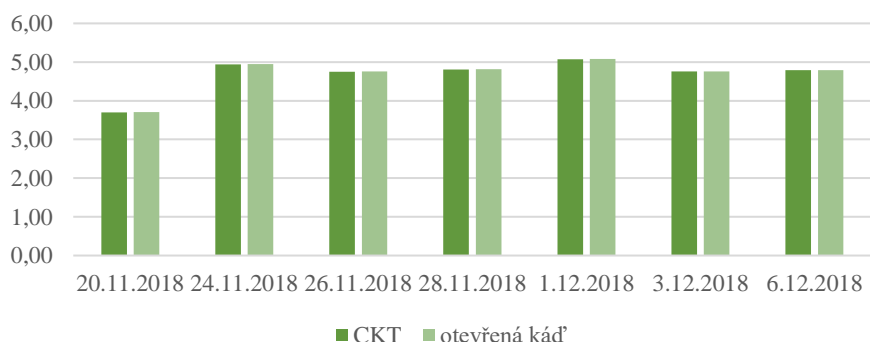
Graf č. 14: Porovnání vzorků 1 a 4 – obsah alkoholu v % obj. (12° spodně kvašené pivo plzeňského typu)



Graf č. 15: Porovnání vzorků 2 a 5 – obsah alkoholu v % obj. (12° spodně kvašené pivo plzeňského typu)



Graf č. 16: Porovnání vzorků 3 a 6 – obsah alkoholu v % obj. (12° spodně kvašené pivo plzeňského typu)



5.3 Extrakt skutečný

Kosař a Procházka (2000) říkají, že extrakt skutečný je nezkvašený extrakt piva zbavený CO₂ a alkoholu doplněný vodou na původní hmotnost (% hm.). Z tabulky č. 10 je zřejmé, že se u 10° piva pohybuje kolem 4% hm.. Největší hodnota skutečného extraktu byla zaznamenána u vzorků 2 a 5. Na grafu č. 17 je znázorněno, jak tyto vzorky klesaly. Z 10,51% hm. a 10,52% hm. klesly na 4,13% hm. a 4,14% hm.. Prudký pokles z počátku měření zaznamenaly všechny vzorky.

U 12° piva (viz tabulka č. 12) vyšel skutečný extrakt v průměru 5% hm.. Graf č. 21 velmi pěkně znázorňuje nejvyšší hodnotu skutečného extraktu u vzorků č. 1 a 4, která z 12,76% hm. a 12,77% hm. klesla na hodnotu 5,22% hm. a 5,23% hm.. Hodnoty vzorků č. 1 a 3 byly o 3% hm. vyšší než u ostatních vzorků. Tento rozdíl se při třetím měření srovnal s ostatními.

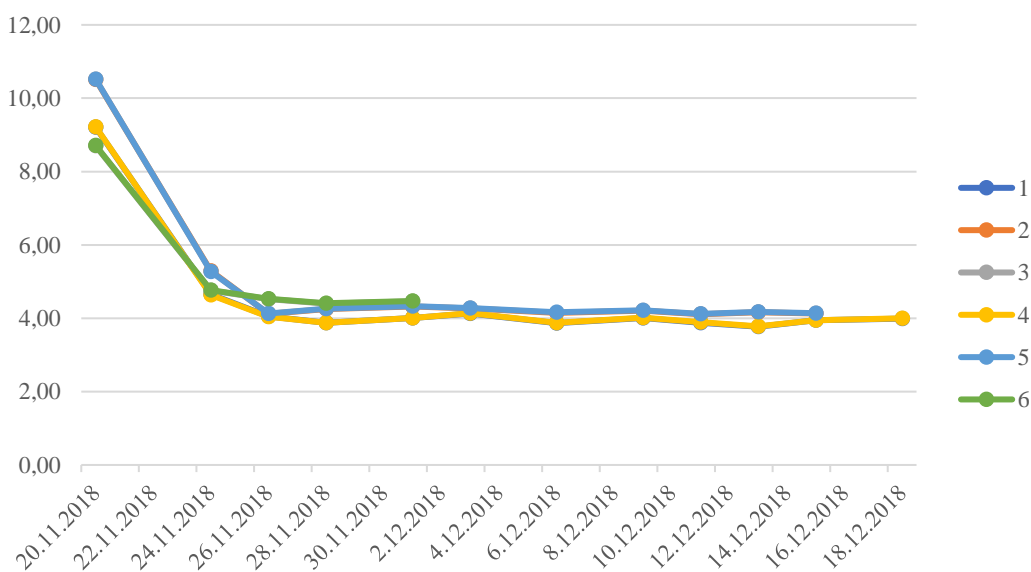
Při podrobnějším porovnávání vzorků (viz tabulka č. 11 a tabulka č. 13) vyšel rozptyl ve většině měření 0,00002 a směrodatná odchylka 0,005. Z grafů č. 18, 19, 20, 22, 23, 24 je opět potvrzeno, že není rozdíl mezi CKT tankem a otevřenou kádí.

- **Spodně kvašené pivo plzeňského typu – 10°**

Tab. č. 10: Vývoj obsahu skutečného extraktu (% hm.) ve vzorcích 10° spodně kvašeného piva plzeňského typu

Datum měření / Vzorky	CKT			otevřená kád'		
	1	2	3	4	5	6
20.11.2018	9,21	10,51	8,70	9,22	10,52	8,71
24.11.2018	4,65	5,29	4,76	4,64	5,27	4,77
26.11.2018	4,05	4,12	4,52	4,04	4,13	4,53
28.11.2018	3,88	4,25	4,40	3,88	4,26	4,41
1.12.2018	4,01	4,32	4,46	4,01	4,33	4,47
3.12.2018	4,13	4,27		4,14	4,28	
6.12.2018	3,87	4,15		3,88	4,16	
9.12.2018	4,01	4,21		4,02	4,22	
11.12.2018	3,88	4,11		3,89	4,12	
13.12.2018	3,77	4,16		3,78	4,17	
15.12.2018	3,95	4,13		3,95	4,14	
18.12.2018	3,99			4,00		

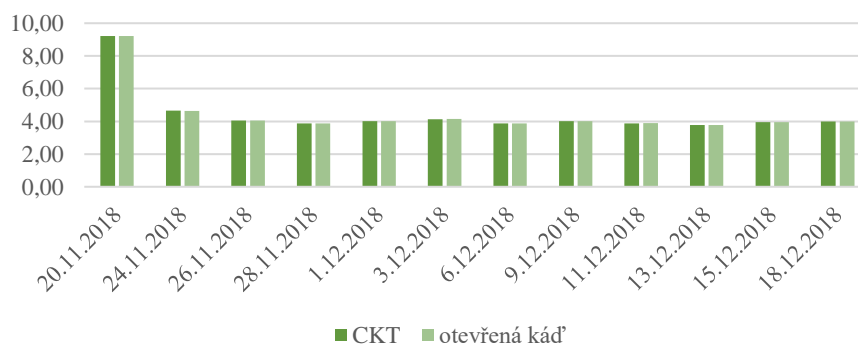
Graf č. 17: Vývoj obsahu skutečného extraktu (% hm.) ve vzorcích 10° spodně kvašeného piva plzeňského typu



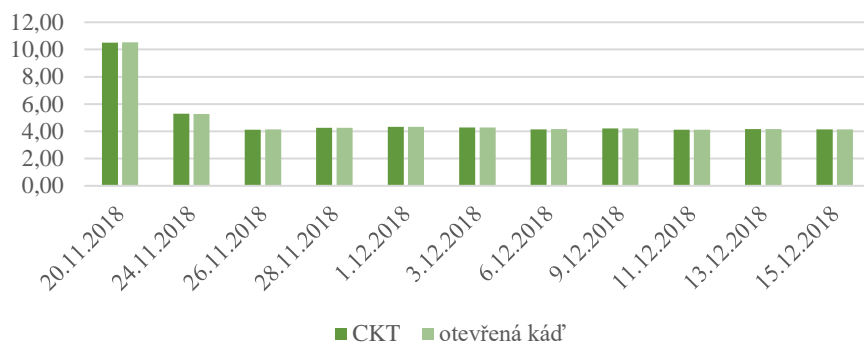
Tab. č. 11: Porovnání vzorků 10° spodně kvašeného piva plzeňského typu – obsah skutečného extraktu (% hm.)

Datum měření/vzorky	1 a 4			2 a 5			3 a 6		
	průměr	Rozptyl	směrodatná odchylka	průměr	Rozptyl	směrodatná odchylka	průměr	rozptyl	směrodatná odchylka
20.11.2018	9,215	0,00002	0,005	10,515	0,00002	0,005	8,075	0,00003	0,005
24.11.2018	4,645	0,00003	0,005	5,280	0,00010	0,01	4,765	0,00002	0,005
26.11.2018	4,045	0,00002	0,005	4,125	0,00002	0,005	4,525	0,00003	0,005
28.11.2018	3,880	0,00000	0	4,255	0,00002	0,005	4,405	0,00002	0,005
1.12.2018	4,010	0,00000	0	4,325	0,00002	0,005	4,465	0,00002	0,005
3.12.2018	4,135	0,00002	0,005	4,275	0,00003	0,005			
6.12.2018	3,875	0,00002	0,005	4,155	0,00002	0,005			
9.12.2018	4,015	0,00002	0,005	4,215	0,00002	0,005			
11.12.2018	3,885	0,00003	0,005	4,115	0,00002	0,005			
13.12.2018	3,775	0,00002	0,005	4,165	0,00002	0,005			
15.12.2018	3,950	0,00000	0	4,135	0,00002	0,005			
18.12.2018	3,995	0,00002	0,005						

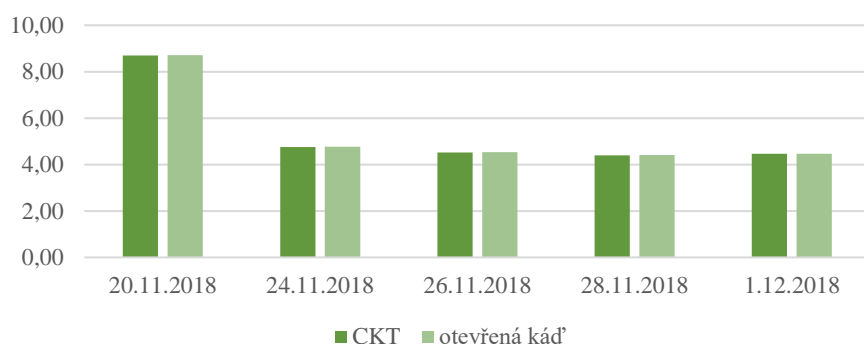
Graf č. 18: Porovnání vzorků 1 a 4 – obsah skutečného extraktu v % hm. (10° spodně kvašené pivo plzeňského typu)



Graf č. 19: Porovnání vzorků 2 a 5 – obsah skutečného extraktu v % hm. (10° spodně kvašené pivo plzeňského typu)



Graf č. 20: Porovnání vzorků 3 a 6 – obsah skutečného extraktu v % hm. (10° spodně kvašené pivo plzeňského typu)

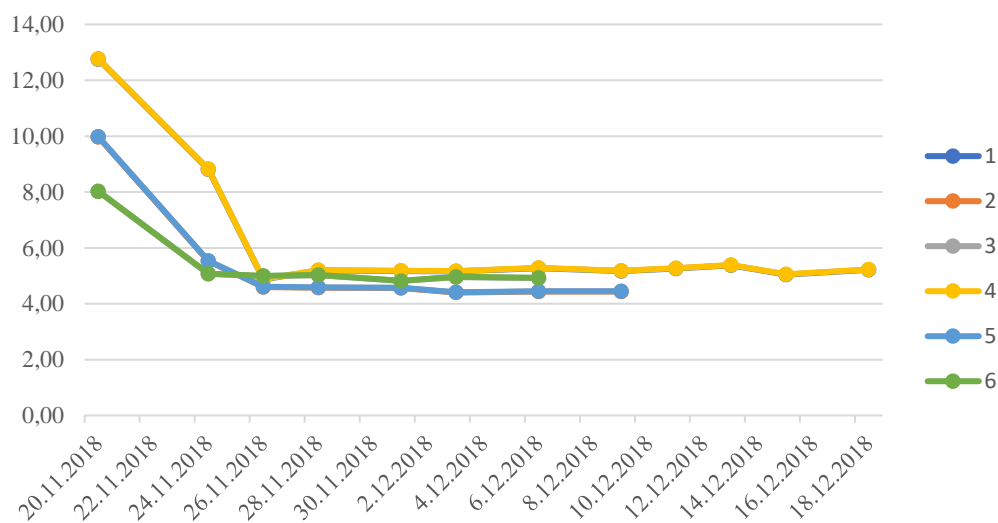


- **Spodně kvašené pivo plzeňského typu – 12°**

Tab. č. 12: Vývoj obsahu skutečného extraktu (% hm.) ve vzorcích 12° spodně kvašeného piva plzeňského typu

Datum měření / Vzorky	CKT			otevřená kád'		
	1	2	3	4	5	6
20.11.2018	12,76	9,97	8,02	12,77	9,98	8,03
24.11.2018	8,82	5,53	5,07	8,83	5,54	5,08
26.11.2018	4,87	4,60	4,99	4,88	4,61	5,00
28.11.2018	5,19	4,58	5,02	5,20	4,59	5,03
1.12.2018	5,17	4,56	4,82	5,18	4,57	4,82
3.12.2018	5,16	4,40	4,95	5,17	4,41	4,96
6.12.2018	5,27	4,44	4,92	5,28	4,45	4,93
9.12.2018	5,17	4,44		5,18	4,45	
11.12.2018	5,26			5,27		
13.12.2018	5,38			5,39		
15.12.2018	5,04			5,05		
18.12.2018	5,22			5,23		

Graf č. 21: Vývoj obsahu skutečného extraktu (% hm.) ve vzorcích 12° spodně kvašeného piva plzeňského typu

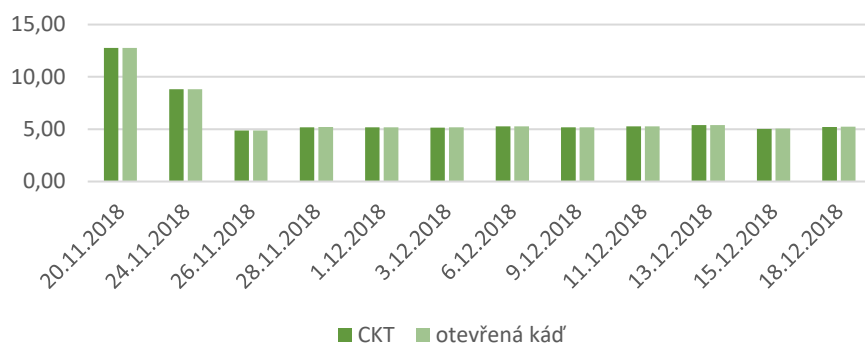


Tab. č. 13: Porovnání vzorků 12° spodně kvašeného piva plzeňského typu – obsah skutečného extraktu (% hm.)

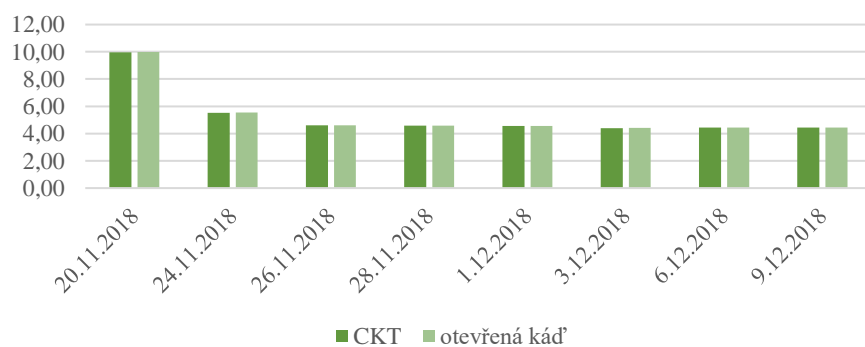
Datum měření/vzorky	1 a 4			2 a 5			3 a 6		
	<i>průměr</i>	<i>Rozptyl</i>	<i>směrodatná odchylka</i>	<i>Průměr</i>	<i>Rozptyl</i>	<i>směrodatná odchylka</i>	<i>průměr</i>	<i>rozptyl</i>	<i>směrodatná odchylka</i>
20.11.2018	12,765	0,00002	0,005	9,975	0,00002	0,005	8,025	0,00002	0,005
24.11.2018	8,825	0,00002	0,005	5,535	0,00002	0,005	5,075	0,00002	0,005
26.11.2018	4,875	0,00002	0,005	4,605	0,00003	0,005	4,995	0,00002	0,005
28.11.2018	5,195	0,00002	0,005	4,585	0,00002	0,005	5,025	0,00003	0,005
1.12.2018	5,175	0,00002	0,005	4,565	0,00003	0,005	4,820	0,00000	0
3.12.2018	5,165	0,00002	0,005	4,405	0,00002	0,005	4,955	0,00002	0,005
6.12.2018	5,275	0,00003	0,005	4,445	0,00002	0,005	4,925	0,00002	0,005
9.12.2018	5,175	0,00002	0,005	4,445	0,00002	0,005			
11.12.2018	5,265	0,00002	0,005						

13.12.2018	5,385	0,00002	0,005						
15.12.2018	5,045	0,00002	0,005						
18.12.2018	5,225	0,00003	0,005						

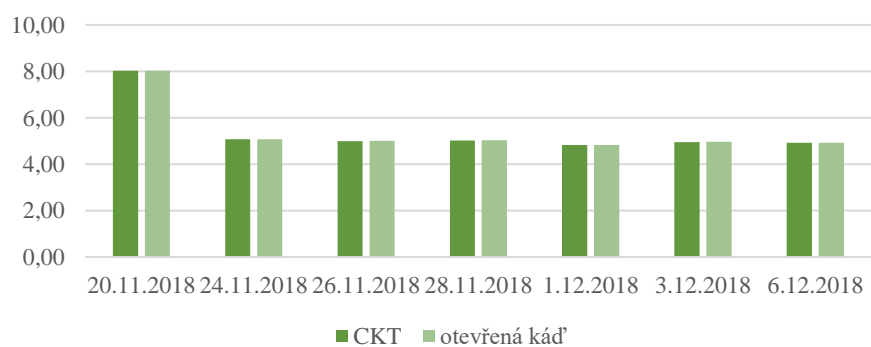
Graf č. 22: Porovnání vzorků 1 a 4 – obsah skutečného extraktu v % hm. (12° spodně kvašené pivo plzeňského typu)



Graf č. 23: Porovnání vzorků 2 a 5 – obsah skutečného extraktu v % hm. (12° spodně kvašené pivo plzeňského typu)



Graf č. 24: Porovnání vzorků 3 a 6 – obsah skutečného extraktu v % hm. (12° spodně kvašené pivo plzeňského typu)



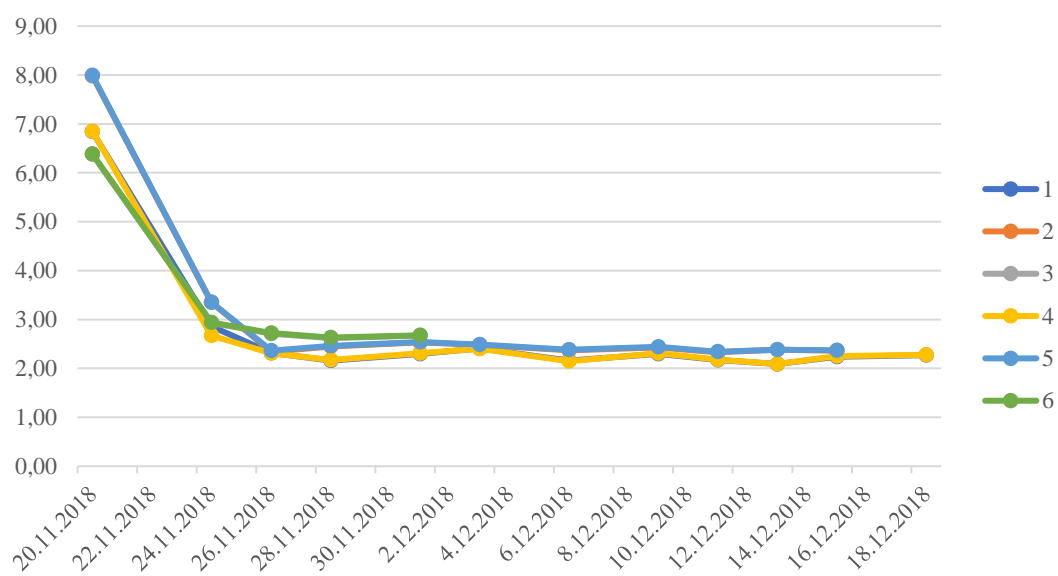
5.4 Extrakt zdánlivý

- Spodně kvašené pivo plzeňského typu – 10°

Tab. č. 14: Vývoj obsahu zdánlivého extraktu (% hm.) ve vzorcích 10° spodně kvašeného piva plzeňského typu

Datum měření / Vzorky	CKT			otevřená kád'		
	1	2	3	4	5	6
20.11.2018	6,84	7,98	6,38	6,85	7,99	6,38
24.11.2018	2,86	3,35	2,93	2,67	3,35	2,94
26.11.2018	2,32	2,34	2,71	2,31	2,36	2,72
28.11.2018	2,16	2,45	2,62	2,17	2,46	2,63
1.12.2018	2,30	2,53	2,67	2,31	2,54	2,68
3.12.2018	2,41	2,48		2,40	2,49	
6.12.2018	2,16	2,37		2,15	2,38	
9.12.2018	2,30	2,43		2,31	2,44	
11.12.2018	2,17	2,33		2,18	2,34	
13.12.2018	2,09	2,38		2,09	2,38	
15.12.2018	2,24	2,36		2,25	2,37	
18.12.2018	2,27			2,28		

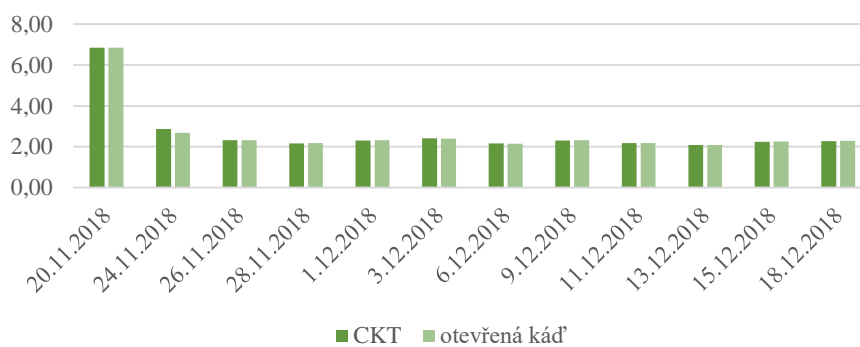
Graf č. 25: Vývoj obsahu zdánlivého extraktu (% hm.) ve vzorcích 10° spodně kvašeného piva plzeňského typu



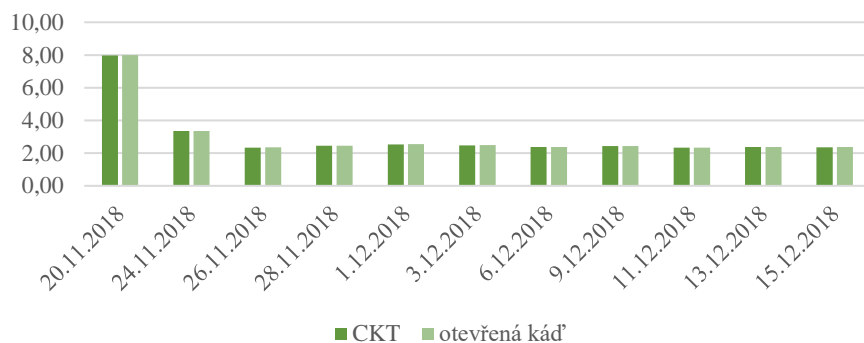
Tab. č. 15: Porovnání vzorků 10° spodně kvašeného piva plzeňského typu – obsah zdánlivého extraktu (% hm.)

Datum měření/vzorky	1 a 4			2 a 5			3 a 6		
	průměr	rozptyl	směrodatná odchylka	Průměr	rozptyl	směrodatná odchylka	průměr	rozptyl	směrodatná odchylka
20.11.2018	6,845	0,00002	0,005	7,985	0,00002	0,005	6,380	0,00000	0
24.11.2018	2,765	0,00902	0,095	3,350	0,00000	0	2,935	0,00002	0,005
26.11.2018	2,315	0,00002	0,005	2,350	0,00010	0,01	2,715	0,00003	0,005
28.11.2018	2,165	0,00002	0,005	2,455	0,00002	0,005	2,625	0,00002	0,005
1.12.2018	2,305	0,00003	0,005	2,535	0,00003	0,005	2,675	0,00003	0,005
3.12.2018	2,405	0,00003	0,005	2,485	0,00003	0,005			
6.12.2018	2,155	0,00003	0,005	2,375	0,00002	0,005			
9.12.2018	2,305	0,00003	0,005	2,435	0,00002	0,005			
11.12.2018	2,175	0,00003	0,005	2,335	0,00002	0,005			
13.12.2018	2,090	0,00000	0	2,380	0,00000	0			
15.12.2018	2,245	0,00002	0,005	2,365	0,00003	0,005			
18.12.2018	2,275	0,00002	0,005						

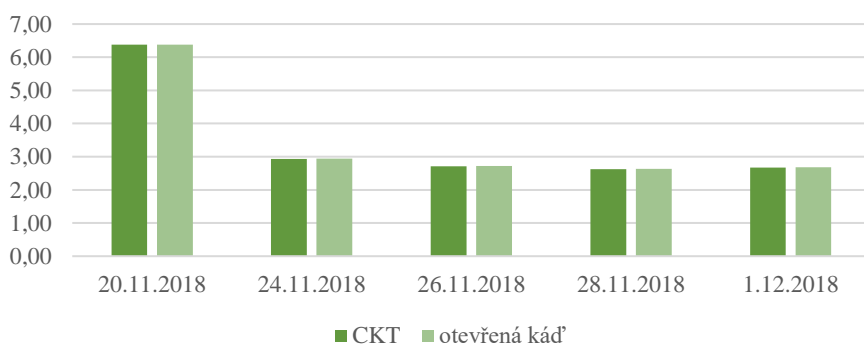
Graf č. 26: Porovnání vzorků 1 a 4 – obsah zdánlivého extraktu v % hm. (10° spodně kvašené pivo plzeňského typu)



Graf č. 27: Porovnání vzorků 2 a 5 – obsah zdánlivého extraktu v % hm. (10° spodně kvašené pivo plzeňského typu)



Graf č. 28: Porovnání vzorků 3 a 6 – obsah zdánlivého extraktu v % hm. (10° spodně kvašené pivo plzeňského typu)

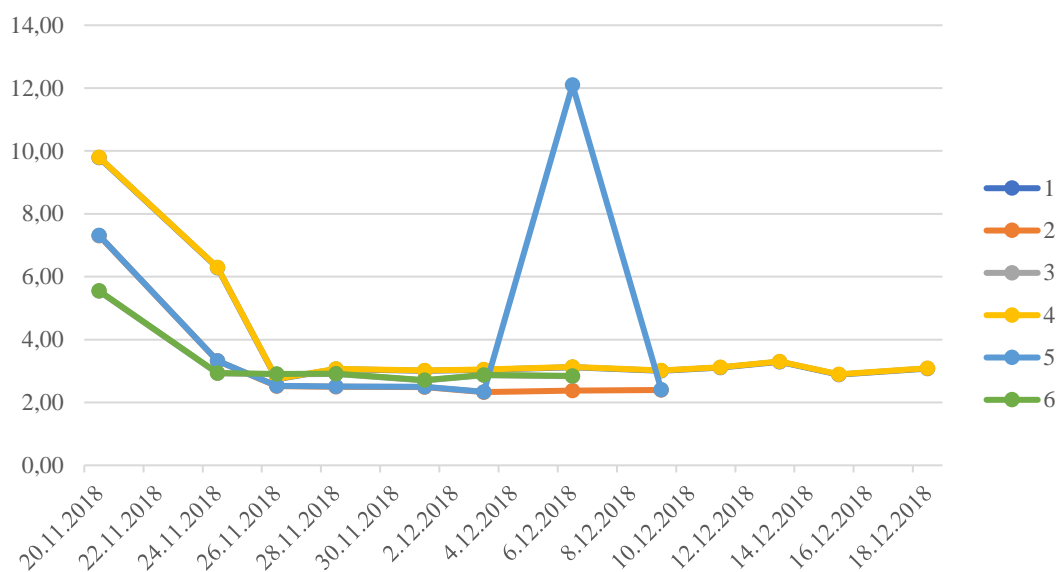


- **Spodně kvašené pivo plzeňského typu – 12°**

Tab. č. 16: Vývoj obsahu zdánlivého extraktu (% hm.) u 12° spodně kvašeného piva plzeňského typu

Datum měření / Vzorky	CKT			otevřená kád'		
	1	2	3	4	5	6
20.11.2018	9,79	7,31	5,54	9,80	7,32	5,55
24.11.2018	6,29	3,32	2,93	6,30	3,32	2,94
26.11.2018	2,74	2,52	2,90	2,75	2,53	2,91
28.11.2018	3,06	2,50	2,91	3,07	2,51	2,92
1.12.2018	3,01	2,49	2,70	3,02	2,50	2,71
3.12.2018	3,04	2,33	2,87	3,05	2,34	2,88
6.12.2018	3,12	2,38	2,84	3,13	12,10	2,85
9.12.2018	3,01	2,40		3,02	2,41	
11.12.2018	3,11			3,12		
13.12.2018	3,29			3,30		
15.12.2018	2,89			2,90		
18.12.2018	3,08			3,09		

Graf č. 29: Vývoj obsahu zdánlivého extraktu (% hm.) u 12° spodně kvašeného piva, plzeňského typu

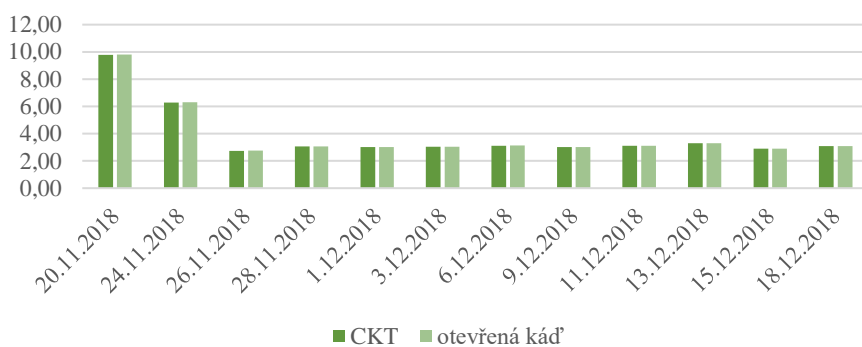


Tab. č. 17: Porovnání vzorků 12° spodně kvašeného piva plzeňského typu - zdánlivý extrakt (% hm.)

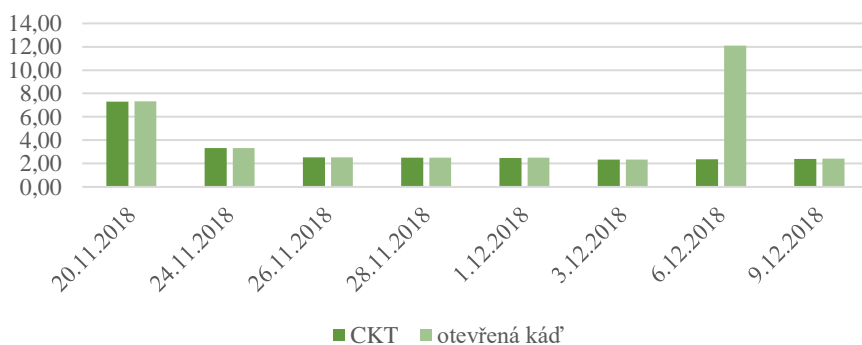
Datum měření/vzorky	1 a 4			2 a 5			3 a 6		
	Průměr	rozptyl	směrodatná odchylka	průměr	rozptyl	směrodatná odchylka	průměr	rozptyl	směrodatná odchylka
20.11.2018	9,795	0,00003	0,005	7,315	0,00003	0,005	5,545	0,00002	0,005
24.11.2018	6,295	0,00002	0,005	3,320	0,00000	0	2,935	0,00002	0,005
26.11.2018	2,745	0,00002	0,005	2,525	0,00002	0,005	2,905	0,00003	0,005
28.11.2018	3,065	0,00002	0,005	2,505	0,00002	0,005	2,915	0,00002	0,005
1.12.2018	3,015	0,00003	0,005	2,495	0,00002	0,005	2,705	0,00002	0,005
3.12.2018	3,045	0,00002	0,005	2,335	0,00002	0,005	2,875	0,00002	0,005
6.12.2018	3,125	0,00002	0,005	7,240	23,61960	4,86	2,845	0,00003	0,005
9.12.2018	3,015	0,00003	0,005	2,405	0,00003	0,005			
11.12.2018	3,115	0,00003	0,005						
13.12.2018	3,295	0,00002	0,005						

15.12.2018	3,895	0,00002	0,005						
18.12.2018	3,085	0,00002	0,005						

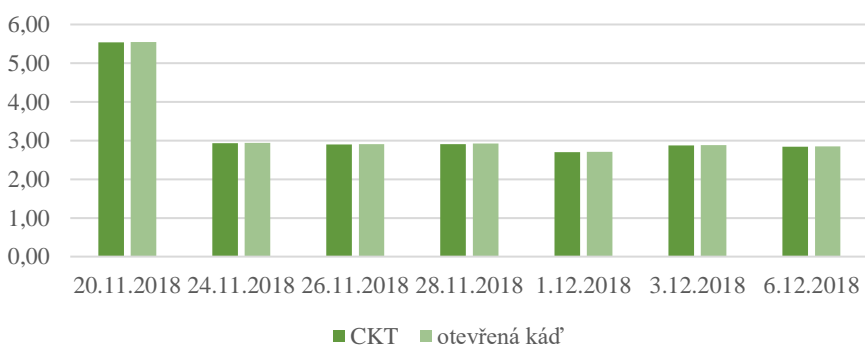
Graf č. 30: Porovnání vzorků 1 a 4 – obsah zdánlivého extraktu v % hm. (12° spodně kvašené pivo plzeňského typu)



Graf č. 31: Porovnání vzorků 2 a 5 – obsah zdánlivého extraktu v % hm. (12° spodně kvašené pivo plzeňského typu)



Graf č. 32: Porovnání vzorků 3 a 6 – obsah zdánlivého extraktu v % hm. (12° spodně kvašené pivo plzeňského typu)



Zdánlivý extrakt piva je extrakt zbavený o oxid uhličitý. Podle tabulky č. 14, platné pro 10° pivo, vyšla jeho nejvyšší hodnota u vzorků č. 3 a 6 – 2,67% hm. a 2,68% hm.. Z grafu č. 25 je zřejmý prudký pokles hodnot mezi 1 a 2 měření. Poté se hodnoty vyvíjely rovnoměrně.

Tabulka č. 16 ukazuje nejvyšší hodnotu zdánlivého extraktu pro 12° pivo u vzorků č. 1 a 4. Hodnota vzorků se změnila z 9,79% hm. a 9,80% hm. na 3,08% hm. a 3,09% hm.. Hodnotu skutečného extraktu kolem 3% při závěrečném měření vykazovaly i ostatní vzorky. Na grafu č. 29 je vidět velký výkyv při měření 6.12. 2018 u vzorku č. 5. Zdánlivý extrakt dosahoval hodnoty 12,10% hm.. Tento problém mohl vzniknout např. nesprávným odebráním vzorku.

Detailní porovnání vzorků z CKT tanků a otevřených kádí (viz tabulky č. 15 a 17) prokázaly rozptyl pohybující se od 0,00002 do 0,00003 a směrodatnou odchylku od 0 do 0,005. Grafy č. 26, 27, 28 30, 31, 32 zobrazují rozdíly mezi jednotlivými vzorky dle tabulek č. 15 a 17. Můžeme vidět, že porovnávané vzorky se mezi sebou neliší. Až na grafu č. 31 je patrný rozdíl mezi CKT tankem a otevřenou kádí, při měření 6.12. 2018.

5.5 EPM (kalk.)

Extrakt původní mladiny (dále EPM) vyjadřuje množství rozpuštěných cukrů v mladině před procesem kvašení. Vyhláška č. 248/2018 Sb. o požadavcích na nápoje, kvasný ocet a droždí říká, že 10° spodně kvašené pivo, plzeňského typu má obsahovat 7-10% hm. EPM. Dále říká, že 12° spodně kvašené pivo plzeňského typu má obsahovat 11-12% hm. EPM.

Tabulka č. 18, sledující vývoj hodnot EPM u 10° piva, ukazuje, že se naměřené hodnoty pohybují od 9,56% hm. - do 9,93% hm.. Je tedy splněn obsah EPM jenž nařizuje výše zmíněná vyhláška. Z grafu č. 33 je zřejmé, že jednotlivé vzorky se pohybují velice kolísavě a jsou mezi nimi patrné rozdíly. Grafy č. 34, 35 a 36 zobrazují rozdíl mezi vzorky z CKT tanku a otevřené kádě, který je minimální – 0,01% hm.

Při měření 12° piva (viz tabulka č. 20) vyšla největší hodnota EPM u vzorků č. 1 a 4 a to 12,11% hm. a 12,12% hm. Tyto vzorky, stejně tak jako ostatní, splňují

požadavky legislativy. Na grafu č. 37 vidíme, že se hodnoty oproti grafu č. 33 vyvíjí méně kolísavě a bez větších rozdílů mezi jednotlivými vzorky. Rozdíl 0,01 % hm. mezi vzorky vystihují grafy č. 38, 39 a 40.

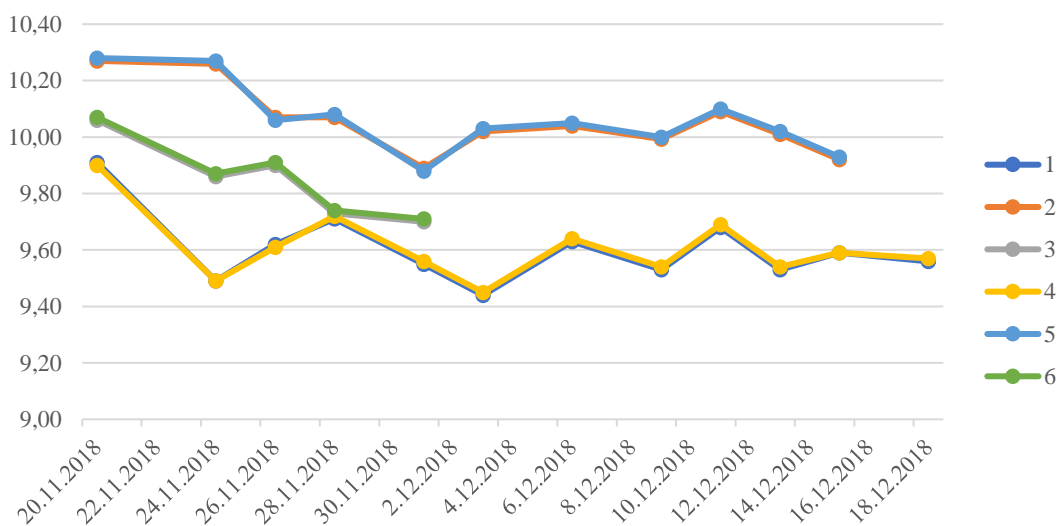
Tabulky č. 19 a 21 porovnávají vzorky pív z CKT tanků a otevřených kádí. Rozptyl mezi jednotlivými vzorky činí 0,00001 – 0,00003 a směrodatná odchylka u většiny vzorků 0,005.

- **Spodně kvašené pivo plzeňského typu – 10°**

Tab. č. 18: Vývoj obsahu EPM (% hm.) u 10° spodně kvašeného piva plzeňského typu

Datum měření / Vzorky	CKT			otevřená kád'		
	1	2	3	4	5	6
20.11.2018	9,91	10,27	10,06	9,90	10,28	10,07
24.11.2018	9,49	10,26	9,86	9,49	10,27	9,87
26.11.2018	9,62	10,07	9,90	9,61	10,06	9,91
28.11.2018	9,71	10,07	9,73	9,72	10,08	9,74
1.12.2018	9,55	9,89	9,70	9,56	9,88	9,71
3.12.2018	9,44	10,02		9,45	10,03	
6.12.2018	9,63	10,04		9,64	10,05	
9.12.2018	9,53	9,99		9,54	10,00	
11.12.2018	9,68	10,09		9,69	10,10	
13.12.2018	9,53	10,01		9,54	10,02	
15.12.2018	9,59	9,92		9,59	9,93	
18.12.2018	9,56			9,57		

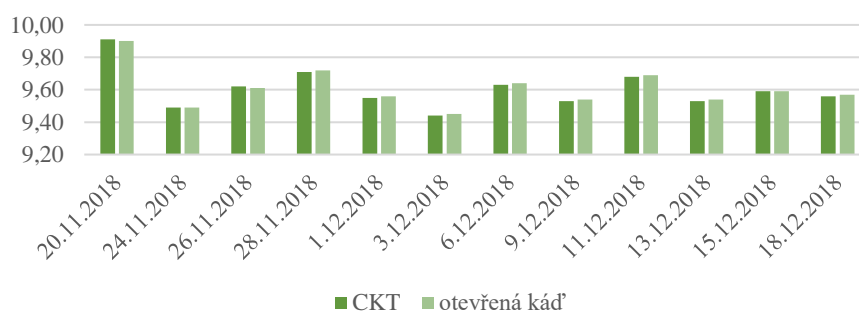
Graf č. 33: Vývoj EPM (% hm.) u 10° spodně kvašeného piva plzeňského typu



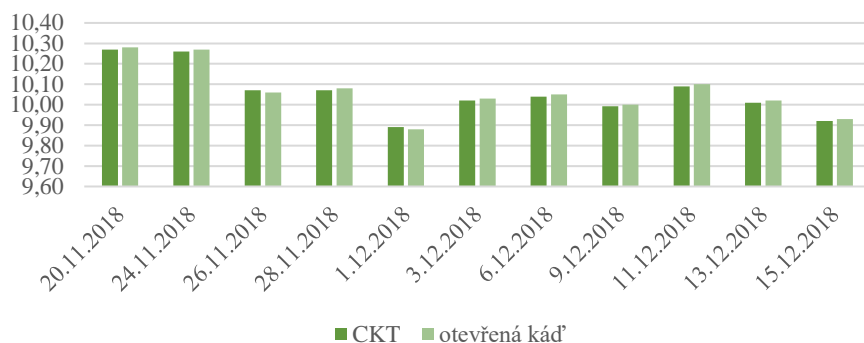
Tab. č. 19: Porovnání vzorků 10° spodně kvašeného piva plzeňského typu - EPM (% hm.)

Datum měření/vzorky	1 a 4			2 a 5			3 a 6		
	Průměr	Rozptyl	směrodatná odchylka	průměr	rozptyl	směrodatná odchylka	průměr	rozptyl	směrodatná odchylka
20.11.2018	9,905	0,00002	0,005	10,275	0,00002	0,005	10,065	0,00002	0,005
24.11.2018	9,490	0,00000	0	10,265	0,00002	0,005	9,865	0,00002	0,005
26.11.2018	9,615	0,00002	0,005	10,065	0,00002	0,005	9,905	0,00002	0,005
28.11.2018	9,715	0,00002	0,005	10,075	0,00002	0,005	9,735	0,00002	0,005
1.12.2018	9,555	0,00002	0,005	9,885	0,00002	0,005	9,705	0,00003	0,005
3.12.2018	9,445	0,00002	0,005	10,025	0,00002	0,005			
6.12.2018	9,635	0,00002	0,005	10,045	0,00003	0,005			
9.12.2018	9,535	0,00002	0,005	9,997	0,00001	0,0035			
11.12.2018	9,685	0,00002	0,005	10,095	0,00002	0,005			
13.12.2018	9,535	0,00002	0,005	10,015	0,00002	0,005			
15.12.2018	9,590	0,00000	0	9,925	0,00002	0,005			
18.12.2018	9,565	0,00002	0,005						

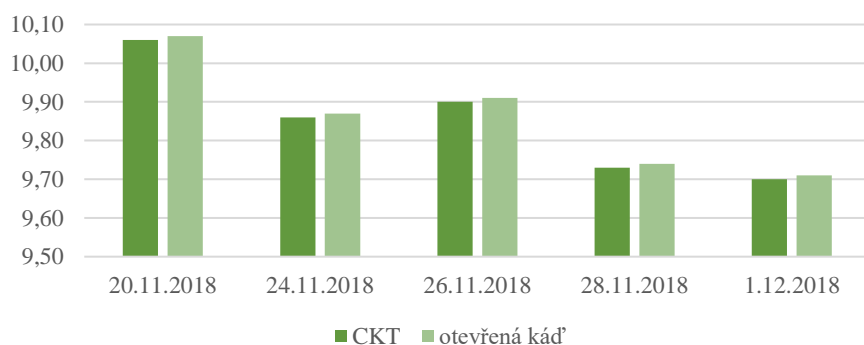
Graf č. 34: Porovnání vzorků 1 a 4 – EPM v % hm. (10° spodně kvašené pivo plzeňského typu)



Graf č. 35: Porovnání vzorků 2 a 5 – EPM v % hm. (10° spodně kvašené pivo plzeňského typu)



Graf č. 36: Porovnání vzorků 3 a 6 – EPM v % hm. (10° spodně kvašené pivo plzeňského typu)

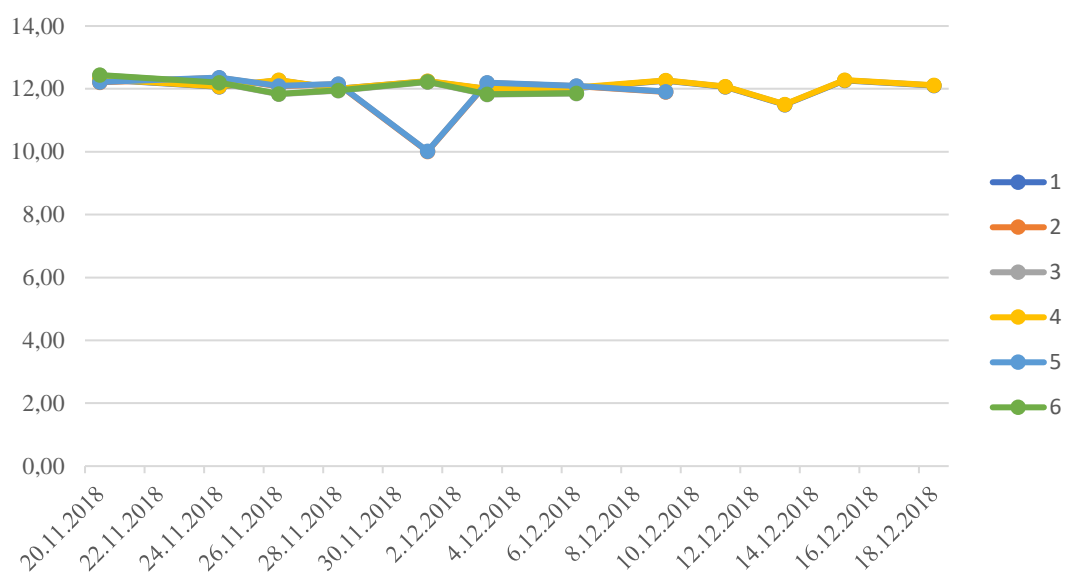


- Spodně kvašené pivo plzeňského typu – 12°

Tabulka č. 20: Vývoj EPM (% hm.) u 12° spodně kvašeného piva plzeňského typu

Datum měření / Vzorky	CKT			otevřená kád'		
	1	2	3	4	5	6
20.11.2018	12,30	12,21	12,43	12,31	12,22	12,44
24.11.2018	12,07	12,35	12,19	12,08	12,36	12,20
26.11.2018	12,27	12,09	11,83	12,28	12,10	11,84
28.11.2018	12,00	12,15	11,94	12,01	12,16	11,95
1.12.2018	12,24	10,01	12,22	12,25	10,02	12,23
3.12.2018	11,99	12,19	11,82	12,00	12,20	11,83
6.12.2018	12,03	12,09	11,85	12,05	12,10	11,86
9.12.2018	12,26	11,90		12,27	11,91	
11.12.2018	12,07			12,08		
13.12.2018	11,50			11,51		
15.12.2018	12,27			12,28		
18.12.2018	12,11			12,12		

Graf č. 37: Vývoj EPM (% hm.) u 12° spodně kvašeného piva plzeňského typu

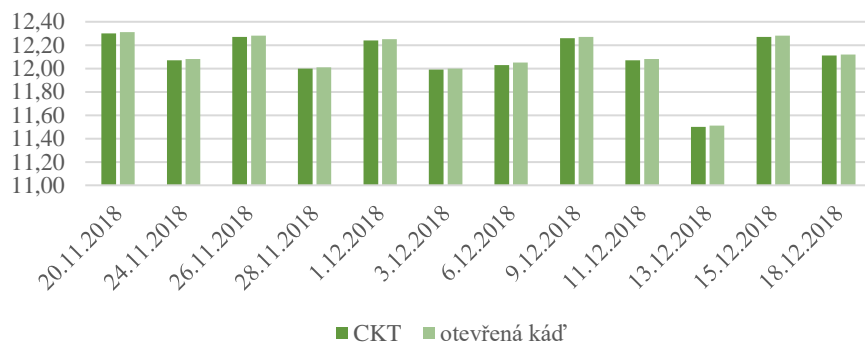


Tab. č. 21: Porovnání vzorků 12° spodně kvašeného piva plzeňského typu – EPM (% hm.)

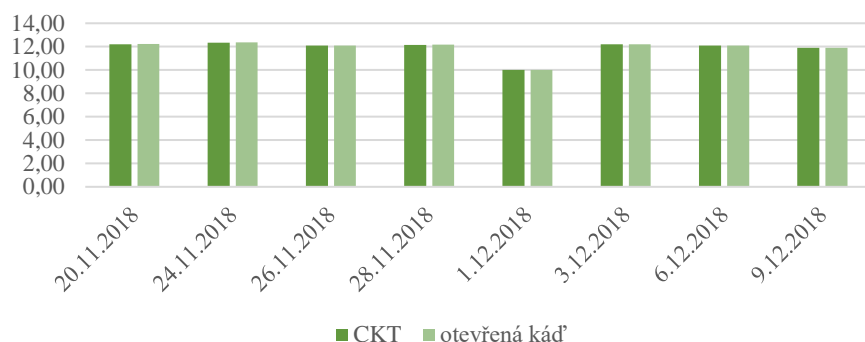
Datum měření/vzorky	1 a 4			2 a 5			3 a 6		
	Průměr	Rozptyl	směrodatná odchylka	průměr	rozptyl	směrodatná odchylka	Průměr	rozptyl	směrodatná odchylka
20.11.2018	12,305	0,00002	0,005	12,215	0,00002	0,005	12,435	0,00002	0,005
24.11.2018	12,075	0,00002	0,005	12,355	0,00002	0,005	12,195	0,00002	0,005
26.11.2018	12,275	0,00002	0,005	12,095	0,00002	0,005	11,835	0,00002	0,005
28.11.2018	12,005	0,00002	0,005	12,155	0,00002	0,005	11,945	0,00002	0,005
1.12.2018	12,245	0,00002	0,005	10,015	0,00002	0,005	12,225	0,00002	0,005
3.12.2018	11,995	0,00002	0,005	12,195	0,00002	0,005	11,825	0,00002	0,005
6.12.2018	12,040	0,00010	0,01	12,095	0,00002	0,005	11,855	0,00002	0,005
9.12.2018	12,265	0,00002	0,005	11,905	0,00002	0,005			
11.12.2018	12,075	0,00002	0,005						
13.12.2018	11,505	0,00002	0,005						

15.12.2018	12,275	0,00002	0,005						
18.12.2018	12,115	0,00002	0,005						

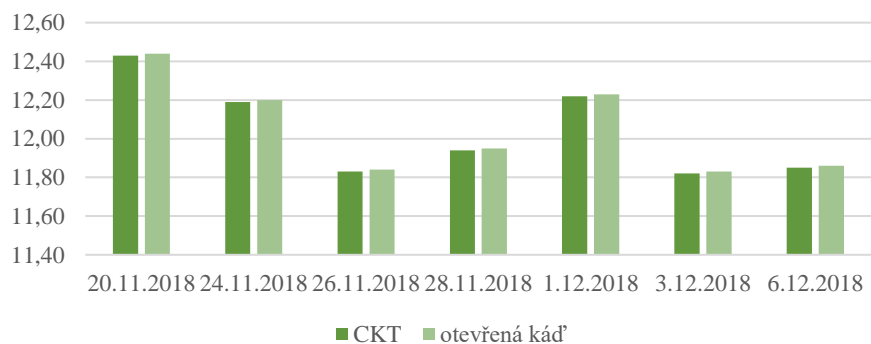
Graf č. 38: Porovnání EPM (% hm.) ve vzorcích 1 a 4 (12° spodně kvašené pivo plzeňského typu)



Graf č. 39: Porovnání EPM (% hm.) ve vzorcích 2 a 5 (12° spodně kvašené pivo plzeňského typu)



Graf č. 40: Porovnání EPM (% hm.) ve vzorcích 3 a 6 (12° spodně kvašené pivo plzeňského typu)



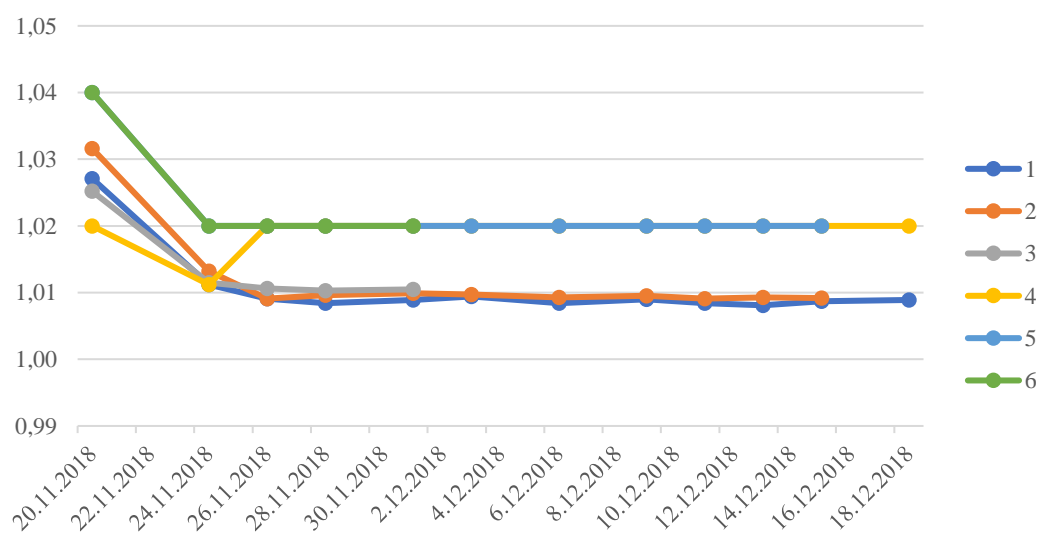
5.6 Relativní hustota

- Spodně kvašené pivo plzeňského typu – 10°

Tab. č. 22: Vývoj relativní hustoty (kg/m^3) u 10° spodně kvašeného piva plzeňského typu

Datum měření / Vzorky	CKT			otevřená kád'		
	1	2	3	4	5	6
20.11.2018	1,03	1,03	1,03	1,02	1,04	1,04
24.11.2018	1,01	1,01	1,01	1,01	1,02	1,02
26.11.2018	1,01	1,01	1,01	1,02	1,02	1,02
28.11.2018	1,01	1,01	1,01	1,02	1,02	1,02
1.12.2018	1,01	1,01	1,01	1,02	1,02	1,02
3.12.2018	1,01	1,01		1,02	1,02	
6.12.2018	1,01	1,01		1,02	1,02	
9.12.2018	1,01	1,01		1,02	1,02	
11.12.2018	1,01	1,01		1,02	1,02	
13.12.2018	1,01	1,01		1,02	1,02	
15.12.2018	1,01	1,01		1,02	1,02	
18.12.2018	1,01			1,02		

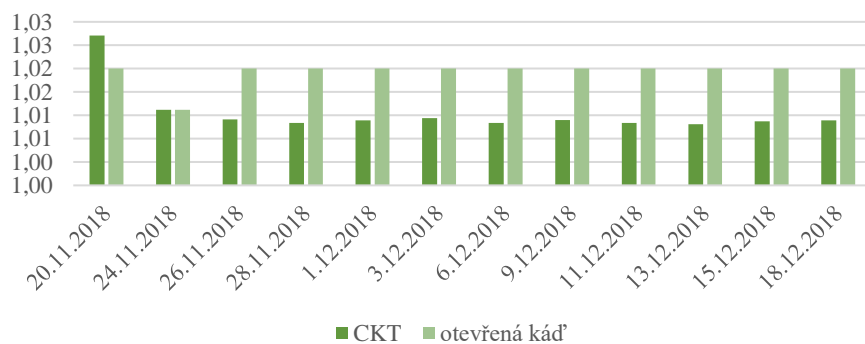
Graf č. 41: Vývoj relativní hustoty (kg/m^3) u 10° spodně kvašeného piva plzeňského typu



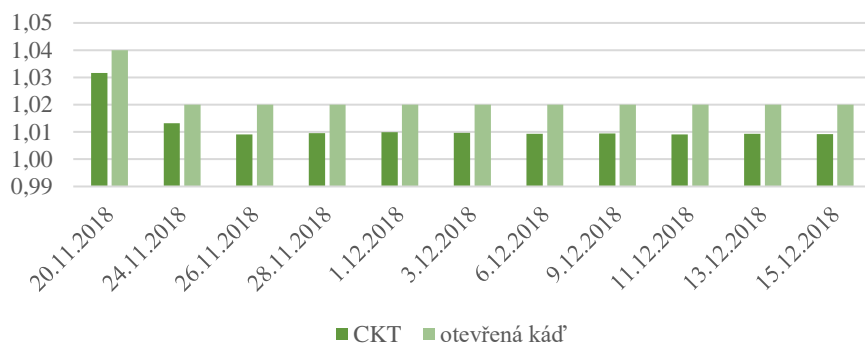
Tab. č. 23: Porovnání vzorků 10° spodně kvašeného piva plzeňského typu – relativní hustota (kg/m³)

Datum měření/vzorky	1 a 4			2 a 5			3 a 6		
	Průměr	rozptyl	směrodatná odchylka	průměr	rozptyl	směrodatná odchylka	průměr	rozptyl	směrodatná odchylka
20.11.2018	1,024	0,00001	0,00355	1,036	0,00002	0,0042	1,033	0,00005	0,0074
24.11.2018	1,011	0,00000	0	1,017	0,00001	0,0034	1,016	0,00002	0,00425
26.11.2018	1,015	0,00003	0,00545	1,015	0,00003	0,00545	1,015	0,00002	0,0047
28.11.2018	1,014	0,00003	0,0058	1,015	0,00003	0,0052	1,015	0,00002	0,00485
1.12.2018	1,014	0,00003	0,00555	1,015	0,00003	0,00505	1,015	0,00002	0,00475
3.12.2018	1,015	0,00003	0,0053	1,015	0,00003	0,00515			
6.12.2018	1,014	0,00003	0,0058	1,015	0,00003	0,00535			
9.12.2018	1,015	0,00003	0,0055	1,015	0,00003	0,00525			
11.12.2018	1,014	0,00003	0,0058	1,015	0,00003	0,00545			
13.12.2018	1,014	0,00004	0,00595	1,015	0,00003	0,00535			
15.12.2018	1,014	0,00003	0,00565	1,015	0,00003	0,0054			
18.12.2018	1,014	0,00003	0,00555						

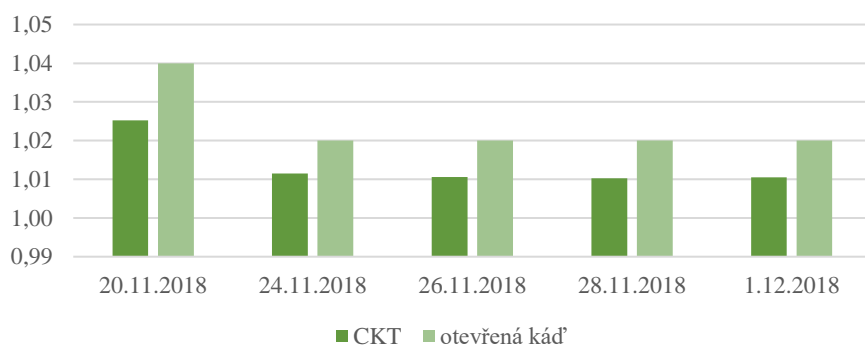
Graf č. 42: Porovnání relativní hustoty (kg/m³) ve vzorcích 1 a 4 (10° spodně kvašené pivo plzeňského typu)



Graf č. 43: Porovnání relativní hustoty (kg/m^3) ve vzorcích 2 a 5 (10° spodně kvašené pivo plzeňského typu)



Graf č. 44: Porovnání relativní hustoty (kg/m^3) ve vzorcích 3 a 6 (10° spodně kvašené pivo plzeňského typu)

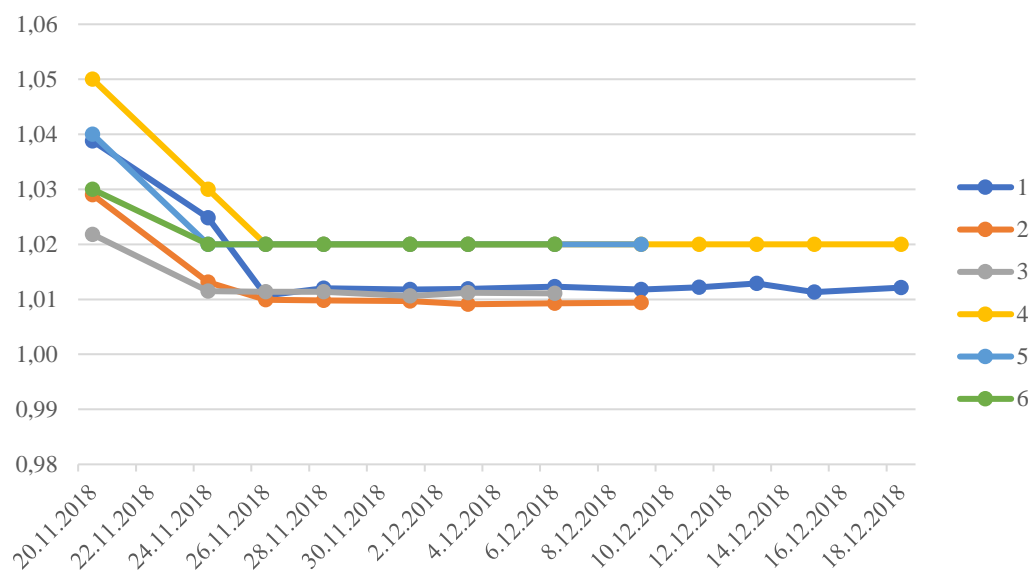


- **Spodně kvašené pivo plzeňského typu – 12°**

Tab. č. 24: Vývoj relativní hustoty (kg/m^3) u 12° spodně kvašeného piva plzeňského typu

Datum měření / Vzorky	CKT			otevřená kád'		
	1	2	3	4	5	6
20.11.2018	1,04	1,03	1,02	1,05	1,04	1,03
24.11.2018	1,02	1,01	1,01	1,03	1,02	1,02
26.11.2018	1,01	1,01	1,01	1,02	1,02	1,02
28.11.2018	1,01	1,01	1,01	1,02	1,02	1,02
1.12.2018	1,01	1,01	1,01	1,02	1,02	1,02
3.12.2018	1,01	1,01	1,01	1,02	1,02	1,02
6.12.2018	1,01	1,01	1,01	1,02	1,02	1,02
9.12.2018	1,01	1,01		1,02	1,02	
11.12.2018	1,01			1,02		
13.12.2018	1,01			1,02		
15.12.2018	1,01			1,02		
18.12.2018	1,01			1,02		

Graf č. 45: Vývoj relativní hustoty (kg/m^3) u 12° spodně kvašeného piva plzeňského typu

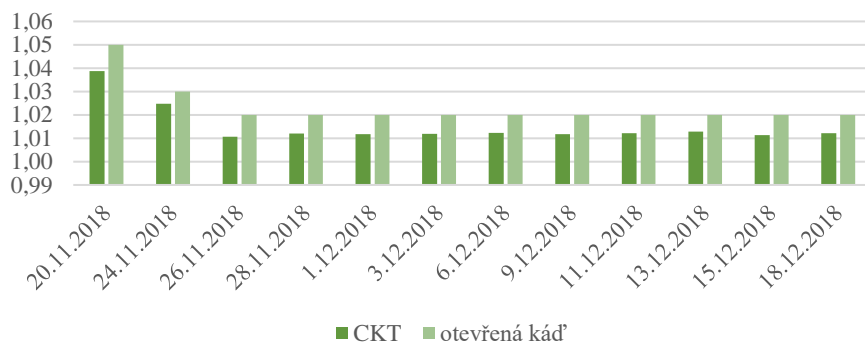


Tab. č. 25: Porovnání vzorků 12° spodně kvašeného piva plzeňského typu – relativní hustota (kg/m^3)

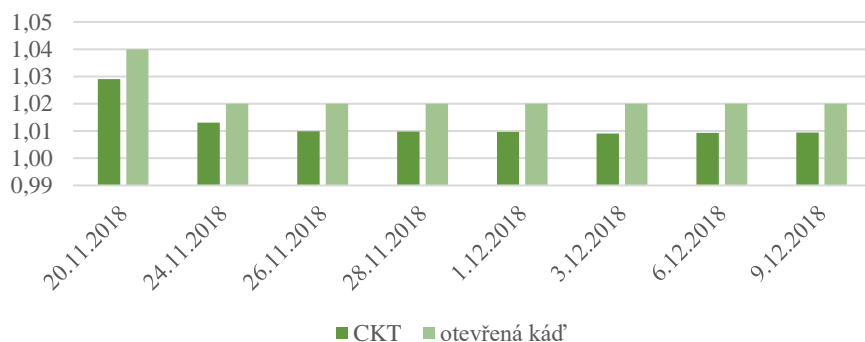
Datum měření/vzorky	1 a 4			2 a 5			3 a 6		
	průměr	Rozptyl	směrodatná odchylka	Průměr	rozptyl	směrodatná odchylka	průměr	rozptyl	směrodatná odchylka
20.11.2018	1,044	0,00003	0,0056	1,035	0,00003	0,0055	1,026	0,00002	0,0041
24.11.2018	1,027	0,00001	0,0026	1,017	0,00001	0,00345	1,016	0,00002	0,00425
26.11.2018	1,015	0,00002	0,00465	1,015	0,00003	0,00505	1,016	0,00002	0,0043
28.11.2018	1,016	0,00002	0,004	1,015	0,00003	0,0051	1,016	0,00002	0,0043
1.12.2018	1,016	0,00002	0,0041	1,015	0,00003	0,00515	1,015	0,00002	0,0047
3.12.2018	1,016	0,00002	0,00405	1,015	0,00003	0,00545	1,016	0,00002	0,0044
6.12.2018	1,016	0,00001	0,00385	1,015	0,00003	0,00535	1,016	0,00002	0,00445
9.12.2018	1,016	0,00002	0,0041	1,015	0,00003	0,0053			
11.12.2018	1,016	0,00002	0,0039						

13.12.2018	1,016	0,00001	0,00355						
15.12.2018	1,016	0,00002	0,00435						
18.12.2018	1,016	0,00002	0,00395						

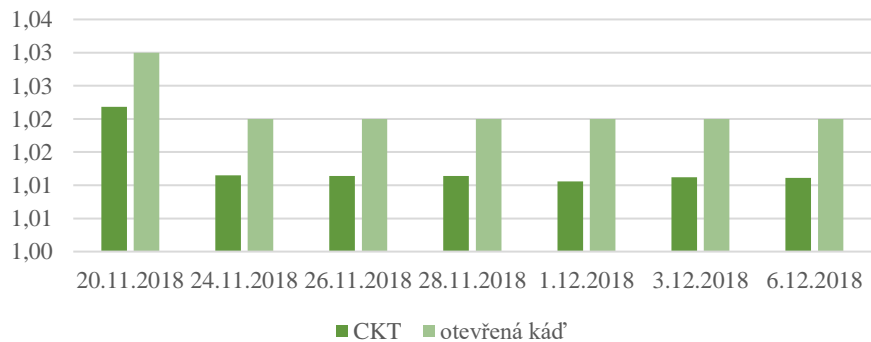
Graf č. 46: Porovnání relativní hustoty (kg/m^3) ve vzorcích 1 a 4 (12° spodně kvašené pivo plzeňského typu)



Graf č. 47: Porovnání relativní hustoty (kg/m^3) ve vzorcích 2 a 5 (12° spodně kvašené pivo plzeňského typu)



Graf č. 48: Porovnání relativní hustoty (kg/m^3) ve vzorcích 3 a 6 (12° spodně kvašené pivo plzeňského typu)



Tabulka č. 22 zobrazuje relativní hustotu u 10° piva. U všech vzorků z CKT tanku, při prvním měření, činí 1,03 kg/m³, při dalším měření je u všech vzorků naměřena shodně – 1,01 kg/m³. U otevřených kádí je při prvním měření naměřena u vzorku č. 4 hodnota 1,02 kg/m³, u vzorků 5 a 6 hodnota 1,04 kg/m³, poté se hodnoty u všech vzorků opět shodují – 1,02 kg/m³. Jak můžeme vidět také na grafu č. 41, rozdíl mezi CKT tankem a otevřenou kádí je 0,01 kg/m³.

U 12° piva (viz tabulka č.24) se při kvašení v CKT tanku při prvním měření hodnota relativní hustoty pohybovala v rozmezí 1,02 kg/m³ až 1,04 kg/m³, při dalším měření se ustálila na 1,01 kg/m³. U otevřených kádí byla relativní hustota naměřena od 1,03 kg/m³ do 1,05 kg/m³. V dalších měřeních se u všech vzorků hodnota ustálila na 1,02 kg/m³. Na grafu č. 47 opět vidíme, že rozdíl mezi CKT tankem a otevřenou kádí je opět 0,01 kg/m³.

Tabulka č. 23 porovnává vzorky 10° piva, tabulka č. 24 vzorky 12° piva. Rozptyl se v obou tabulkách pohybuje od 0,00000 do 0,00005. Směrodatné odchylky jsou různé. Grafy č. 42, 43 44, 46, 47, 48 potvrzují, že se CKT tanky a otevřené kádě liší o 0,01 kg/m³.

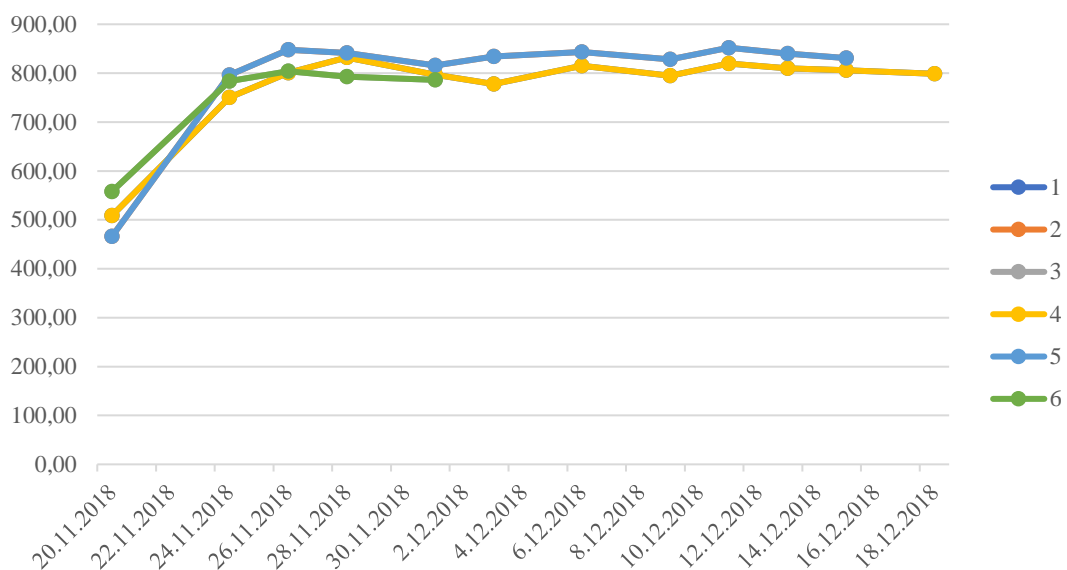
5.7 Osmotický tlak (kalk.)

- Spodně kvašené pivo plzeňského typu – 10°

Tab. č. 26: Vývoj osmotického tlaku (Pa) u 10° spodně kvašeného piva plzeňského typu

Datum měření / Vzorky	CKT			otevřená kád'		
	1	2	3	4	5	6
20.11.2018	508,67	466,00	558,00	508,67	466,00	558,00
24.11.2018	750,00	796,00	784,00	750,00	796,00	784,00
26.11.2018	801,00	848,00	804,00	801,00	848,00	804,00
28.11.2018	832,00	841,00	793,00	832,00	841,00	793,00
1.12.2018	797,00	816,00	786,00	797,00	816,00	786,00
3.12.2018	778,00	834,00		778,00	834,00	
6.12.2018	815,00	843,00		815,00	843,00	
9.12.2018	795,00	828,00		795,00	828,00	
11.12.2018	820,00	852,00		820,00	852,00	
13.12.2018	810,00	840,00		810,00	840,00	
15.12.2018	806,00	831,00		806,00	831,00	
18.12.2018	799,00			799,00		

Graf č. 49: Vývoj osmotického tlaku (Pa) u 10° spodně kvašeného piva plzeňského typu

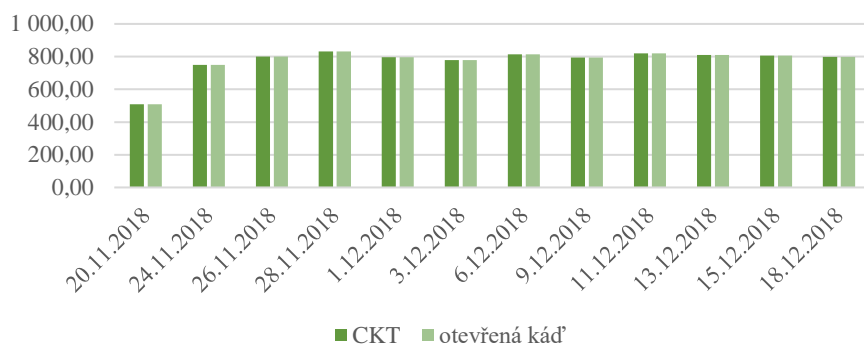


Tab. č. 27: Porovnání vzorků 10° spodně kvašeného piva plzeňského typu – osmotický tlak (Pa)

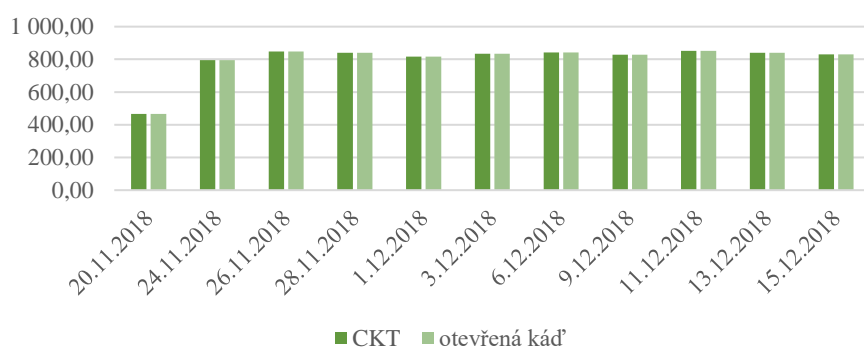
Datum měření/vzorky	1 a 4			2 a 5			3 a 6		
	průměr	Rozptyl	směrodatná odchylka	průměr	rozptyl	směrodatná odchylka	průměr	rozptyl	směrodatná odchylka
20.11.2018	508,670	0,00000	0	466,000	0,00000	0	558,000	0,00000	0
24.11.2018	750,000	0,00000	0	796,000	0,00000	0	784,000	0,00000	0
26.11.2018	801,000	0,00000	0	848,000	0,00000	0	804,000	0,00000	0
28.11.2018	832,000	0,00000	0	841,000	0,00000	0	793,000	0,00000	0
1.12.2018	797,000	0,00000	0	816,000	0,00000	0	786,000	0,00000	0
3.12.2018	778,000	0,00000	0	834,000	0,00000	0			
6.12.2018	815,000	0,00000	0	843,000	0,00000	0			
9.12.2018	795,000	0,00000	0	828,000	0,00000	0			
11.12.2018	820,000	0,00000	0	852,000	0,00000	0			
13.12.2018	810,000	0,00000	0	840,000	0,00000	0			

15.12.2018	806,000	0,00000	0	831,000	0,00000	0			
18.12.2018	799,000	0,00000	0						

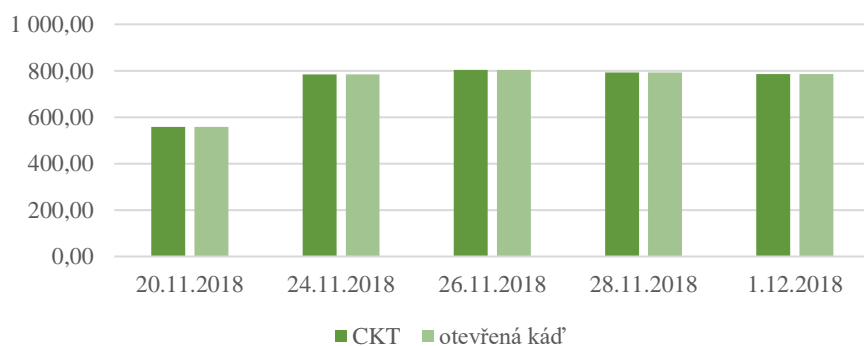
Graf č. 50: Porovnání osmotického tlaku (Pa) ve vzorcích 1 a 4 (10° spodně kvašené pivo plzeňského typu)



Graf č. 51: Porovnání osmotického tlaku (Pa) ve vzorcích 2 a 5 (10° spodně kvašené pivo plzeňského typu)



Graf č. 52: Porovnání osmotického tlaku (Pa) ve vzorcích 3 a 6 (10° spodně kvašené pivo plzeňského typu)

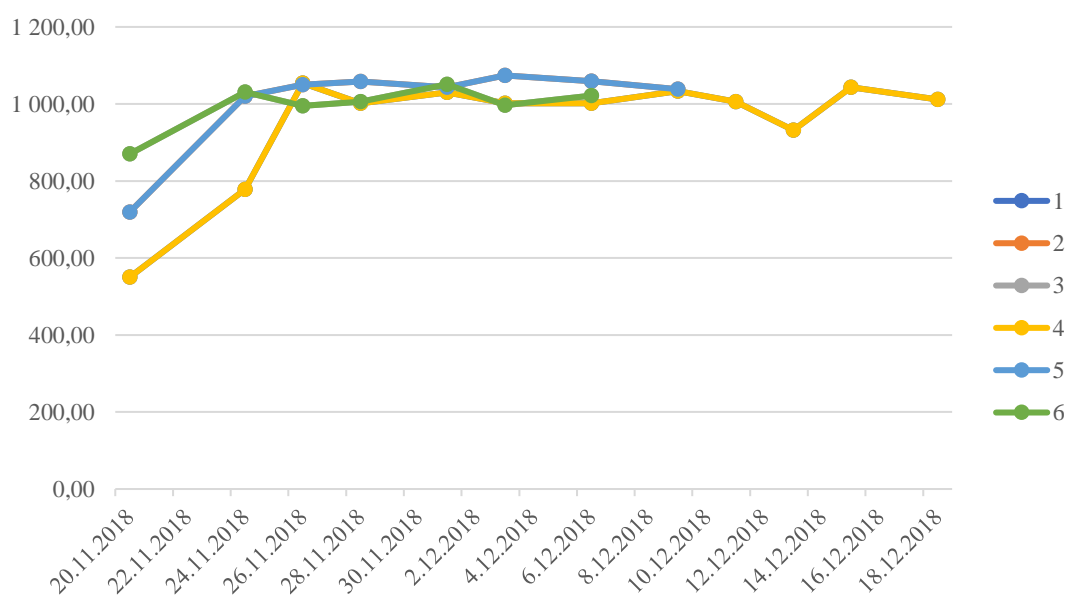


- Spodně kvašené pivo plzeňského typu – 12°

Tab. č. 28: Vývoj osmotického tlaku (Pa) u 12° spodně kvašeného piva plzeňského typu

Datum měření / Vzorky	CKT			otevřená kád'		
	1	2	3	4	5	6
20.11.2018	550,00	719,00	870,00	550,00	719,00	870,00
24.11.2018	778,00	1 020,00	1 031,00	778,00	1 020,00	1 031,00
26.11.2018	1 054,00	1 050,00	995,00	1 054,00	1 050,00	995,00
28.11.2018	1 002,00	1 058,00	1 006,00	1 002,00	1 058,00	1 006,00
1.12.2018	1 030,00	1 043,00	1 051,00	1 030,00	1 043,00	1 051,00
3.12.2018	1 002,00	1 074,00	997,00	1 002,00	1 074,00	997,00
6.12.2018	1 002,00	1 059,00	1 022,00	1 002,00	1 059,00	1 022,00
9.12.2018	1 033,00	1 038,00		1 033,00	1 038,00	
11.12.2018	1 006,00			1 006,00		
13.12.2018	932,00			932,00		
15.12.2018	1 043,00			1 043,00		
18.12.2018	1 012,00			1 012,00		

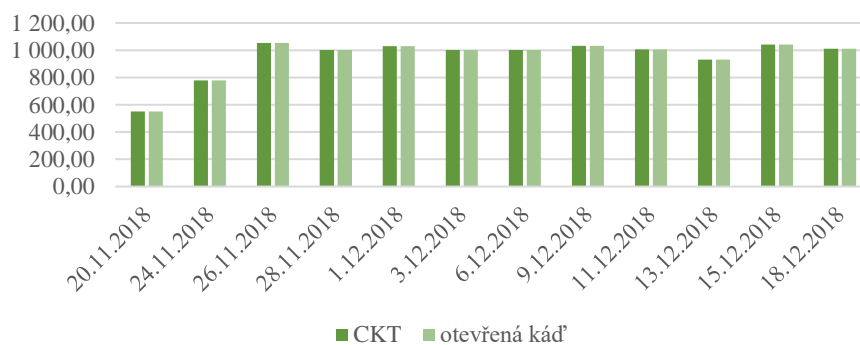
Graf č. 53: Vývoj osmotického tlaku (Pa) u 12° spodně kvašeného piva, plzeňského typu



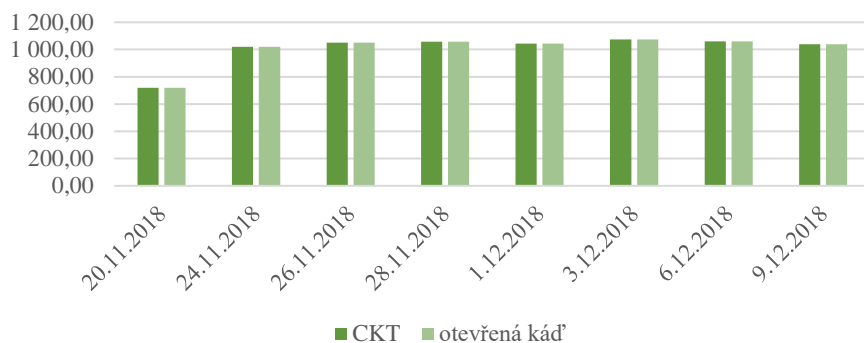
Tab. č. 29: Porovnání vzorků 12° spodně kvašeného piva plzeňského typu – osmotický tlak (Pa)

Datum měření/vzorky	1 a 4			2 a 5			3 a 6		
	průměr	rozptyl	směrodatná odchylka	průměr	rozptyl	směrodatná odchylka	průměr	rozptyl	směrodatná odchylka
20.11.2018	550,000	0,00000	0	719,000	0,00000	0	870,000	0,00000	0
24.11.2018	778,000	0,00000	0	1020,000	0,00000	0	1031,000	0,00000	0
26.11.2018	1054,000	0,00000	0	1050,000	0,00000	0	995,000	0,00000	0
28.11.2018	1002,000	0,00000	0	1058,000	0,00000	0	1006,000	0,00000	0
1.12.2018	1030,000	0,00000	0	1043,000	0,00000	0	1051,000	0,00000	0
3.12.2018	1002,000	0,00000	0	1,074,000	0,00000	0	997,000	0,00000	0
6.12.2018	1002,000	0,00000	0	1,059,000	0,00000	0	1022,000	0,00000	0
9.12.2018	1033,000	0,00000	0	1,038,000	0,00000	0			
11.12.2018	1006,000	0,00000	0						
13.12.2018	932,000	0,00000	0						
15.12.2018	1043,000	0,00000	0						
18.12.2018	1012,000	0,00000	0						

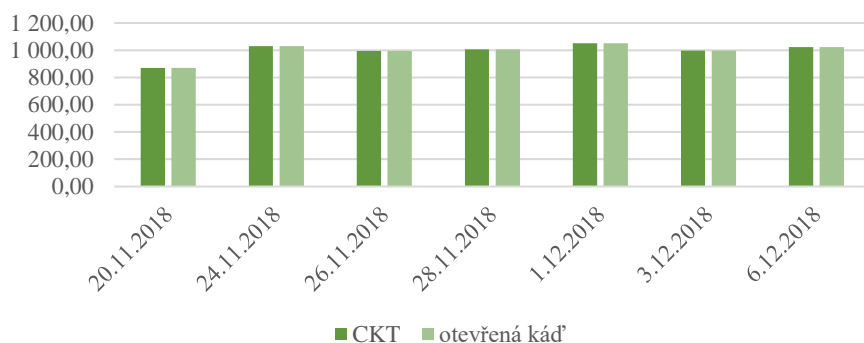
Graf č. 54: Porovnání osmotického tlaku (Pa) ve vzorcích 1 a 4 (12° spodně kvašené pivo plzeňského typu)



Graf č. 55: Porovnání osmotického tlaku (Pa) ve vzorcích 2 a 5 (12° spodně kvašené pivo plzeňského typu)



Graf č. 56: Porovnání osmotického tlaku (Pa) ve vzorcích 3 a 6 (12° spodně kvašené pivo, plzeňského typu)



Jak je patrné z tabulky č. 26, jenž vyjadřuje vývoj hodnot osmotického tlaku pro 10° pivo, nejvyšší hodnotu zaznamenávají vzorky č. 2 a 5. Ty se postupně zvyšovaly shodně z 466 Pa na 831 Pa, stejně jako ostatní vzorky (viz graf č. 49). Hodnoty naměřené v CKT tancích jsou shodné z hodnotami naměřenými v otevřených kádích. Tento fakt zobrazují také grafy č. 50, 51 a 52.

Hodnoty, naměřené pro 12° pivo, jsou zřejmé z tabulky č. 28. Nejvyššího osmotického tlaku dosahují vzorky 2 a 5, které se vyvíjely shodně ze 719 Pa do 1038 Pa. Vývoj ostatních vzorků je k vidění v grafu č. 53. Jak můžeme vidět na grafech č. 54, 55, 56, naměřené hodnoty vyšly stejně jak pro kvašení v CKT tancích, tak pro kvašení v otevřených kádích.

V tabulkách č. 27 a 29, které podrobně srovnávají jednotlivé vzorky, vidíme, že rozptyl vyšel 0, stejně tak jako směrodatná odchylka.

6 ZÁVĚR

V teoretické části diplomové práce byl vysvětlen pojem pivo, dále objasněny legislativní požadavky kladené na výrobu piva, požadavky na jakost a zmíněny byly také suroviny potřebné k výrobě piva. Dále bylo popsáno chemické složení, kvašení a dokvašení a také princip fungování cylindrokonických kvasných a zracích tanků.

Pro potřebu vypracování praktické části diplomové práce byly ve 12 měřeních sbírány vzorky 10° a 12° piv spodně kvašených, plzeňského typu z cylindrokonických kvasných a zracích tanků a otevřených kádí. Cílem praktické části diplomové práce bylo sledovat a následně vyhodnocovat zjištěné parametry a určit, který způsob kvašení je efektivnější. K měření požadovaných parametrů sloužil analyzátor piva Fermento Flash. Získaná data byla zpracována v programu Microsoft Excel do tabulkové a grafické podoby.

Z výsledků jednotlivých měření vyplývá, že mezi testovanými vzorky z cylindrokonických kvasných a zracích tanků a otevřených kádí nebyly shledány významné rozdíly. U většiny parametrů - % hmot. alkoholu, % obj. alkoholu, zdánlivého extraktu, skutečného extraktu, extraktu původní mladiny a relativní hustoty, se jednotlivé porovnávané vzorky lišily o 0,01%.. Některé dokonce vyšly shodně. Osmotický tlak vyšel shodně ve všech případech. Zjištěné výsledky byly porovnávány s dostupnou literaturou a všechny naměřené hodnoty splňovaly požadavky legislativy.

Z výsledků nelze odvodit, který způsob kvašení je pro minipivovary efektivnější. Oba způsoby kvašení piva lze doporučit. Kvašení piva v cylindrokonických kvasných a zracích tankách se v dnešní době těší velké oblibě. Je tomu tak jednak díky nárůstu minipivovarů, ale také kvůli modernizaci stávajících velkých pivovarů. Otevřené kádě se v dnešní době rovněž využívají, ne však tolik, jako právě CKT tanky.

7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Literární zdroje:

BAMFORTH, C. W. (2009). *The flavour stability of beer*. In Beer: A Quality Perspective. Elsevier, Academic Press, Burlington, MA, USA. ISBN 978-0-12-669201-3.

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

BASAŘOVÁ G., BLÁHA M., VESELÝ P. (2003). Vliv kmene kvasnic na senzorickou stabilitu piva. *Kvasný průmysl*. 49(1), 3-10.

CALLEMIEN D., COLLIN S. (2007). Involvement of Flavanoids in Beer Color Instability during Storage. *J.Agric. Food Chem.*, 55: 9066– 9073.

ČEPIČKA, Jaroslav. *Obecná potravinářská technologie*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1995. ISBN 8070802391.

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

DVOŘÁKOVÁ M., DOSTÁLEK P., SKULILOVÁ Z., JURKOVÁ M., KELLNER V., GUIDO L.F. (2010). Polyfenoly ječmene a sladu a jejich antioxidační vlastnosti. *Kvasný průmysl*, 56, č. 3, s. 160–163.

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

JANDA V., PECH P., PECHOVÁ M. (2004). Dezinfekce vody a její nežádoucí vedlejší produkty. *Kvasný průmysl*, 50, č.11–12, s.335–340.

JURKOVÁ, M., KELLNER V., HAŠKOVÁ D., ČULÍK J., ČEJKA P., HORÁK T., DVOŘÁK J. (2011). Chmel – bohatý zdroj antioxidantů. Metody k posouzení antioxidační aktivity chmelové matrice. *Kvasný průmysl*. 57, č. 10, s. 366–370.

KADLEC, Pavel. *Technologie potravin II*. Praha: VŠCHT, 2008. ISBN 9788070805107.

KOLLÁR, Anton. *Pivo: zdraví, souvislosti, žízeň, obezita, alkoholismus, kuriozity*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2012. ISBN 978-80-7204-795-6.

KOPECKÁ J., MATOULKOVÁ D., NĚMEC M. (2012). Kvasinky a jejich využití. *Kvasný průmysl*. 58, č. 11–12, s. 326–335.

KOSAŘ, Karel a Stanislav PROCHÁZKA. *Technologie výroby sladu a piva*. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, 2000. ISBN 80-902658-6-3.

KROFTA K., MIKYŠKA A., JURKOVÁ M., MRAVCOVÁ L., VONDRÁČKOVÁ P. (2017). Stanovení hořkých látek v chmelu – vliv ročníku a stáří chmele. *Kvasný průmysl*. 63(5): 241–247).

MIKYŠKA A., HARTMAN I, HAŠKOVÁ D. (2011). Polyfenolové látky a antioxidační vlastnosti odrůd ječmene doporučených pro České pivo. *Kvasný průmysl*, 57, č. 7–8, s. 182–189.

NÁDASKÝ P., ŠMOGROVIČOVÁ D. (2010). Senzorická stabilita piva. *Chemické Listy*. 104: 838–845.

NARZISS L. (1986). Technological factors of flavour stability. *J. Inst. Brew.* 92(4), 346-353

OLŠOVSKÁ J., MATOULKOVÁ D., ČEJKA P., JURKOVÁ M. (2014). Pivo a zdraví. *Kvasný průmysl*, 60, č. 7–8, s. 174–181.

OLŠOVSKÁ J., ŠTĚRBA K., VRZAL T., JURKOVÁ M., ČEJKA P. (2016). Senzorické stárnutí piva. *Kvasný průmysl*. 62, č. 9, s. 250–257.

PELIKÁN, Miloš a Lenka SÁKOVÁ. *Jakost a zpracování rostlinných produktů*. České Budějovice: Jihočeská universita, 2001. ISBN 8070405023.

PELIKÁN, Miloš a Marie SUKOVÁ. (1998). *Hodnocení a využití rostlinných produktů: (návody do cvičení)*. České Budějovice: Jihočeská univerzita. ISBN 8070402792.

PIENDL A., BIENDL M. (2000). Physiological significance of polyphenols and hop bitters in beer. *Brauwelt Int.*, 18, 310–317.

POLI A., MARANGONI F., AVOGARO A., BARBA G., BELLENTANI S., BUCCI M., CAMBIERI R., CATAPANO A. L., COSTANZO S., CRICELLI C., DE GAETANO G., DI CASTELNUOVO A., FAGGIANO P., FATTIROLI F., FONTANA L., FORLANI G., FRATTINI S., GIACCO R., LA VECCHIA C., LAZZARETTO L., LOFFREDO L., LUCCHIN L., MARELLI G., MARROCCO W., MINISOLA S., MUSICCO M., NOVO S., NOZZOLI C., PELUCCHI C., PERRI L., PIERALLI F., RIZZONI D., STERZI R., VETTOR R., VIOLI F., VISIOLI F. (2013). Moderate alcohol use and health: A consensus document. *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.*, 23(6): 487–504.

RIGHELATO, R. *Beer: food and drink?* Eur. Brew. Conv.: Proc. 28th Congress, Budapest 2001 [CD-ROM], příspěvek 1, 26-34. Nürnberg: Fachverlag Hans Carl, 2001. ISBN 90-70143-22-4.

ŘEZANKA T., PALYZOVÁ A., SIGLER K. (2017). Odpadní pivovarské a vinařské kvasinky jako surovina pro biotechnologické výroby. *Kvasný průmysl*. 63(4): 158–162.

STEWART G. G. et al. (2006). The influence of process parameters on beer foam stability. *Master brewers association of the Americas*.

ŠAVEL J., BROŽ A. (2006). Měření pěnivosti piva. *Kvasný průmysl*. 52, č. 10, s. 314–318.

ŠAVEL J. (2005). Differential Spectroscopy and Beer Oxidation. *MBAA TQ*, 42(1): 57–64.

VEBER, Jaromír. *Řízení jakosti a ochrana spotřebitele*. Praha: Grada, 2002. Manažer. ISBN 8024701944.

WALKER C. J. (2001). Ist Bier gut für Ihr Herz?. *Brauwelt*. 141(34/35), 1278-1283.

Internetové zdroje:

Vyhláška č. 248/2018 Sb. o požadavcích na nápoje, kvasný ocet a droždí [online], [cit. 2019-12-10]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2018-248#cast4>

Národní chráněné zeměpisné označení "České pivo" [online], [cit. 2019-02-12]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/dokument48236.html>

České pivo [online], [cit. 2019-04-23]. Dostupné z: <http://ceske-pivo.cz/ceske-pivo>

Výroba piva v EU [online], [cit. 2019-02-12]. Dostupné z: <https://zemedelec.cz/vyroba-piva-v-eu-byla-vloni-nejvyssi-za-osm-let/>

Českomoravský svaz minipivovarů [online], [cit. 2019-02-12]. Dostupné z: <http://www.minipivo.cz/cz/o-nas/>

The Brewers of Europe [online], [cit. 2019-02-12]. Dostupné z: https://brewersofeurope.org/site/about-us/index.php?doc_id=423

Český svaz pivovarů a sladoven [online], [cit. 2019-02-12]. Dostupné z: <http://ceske-pivo.cz/fakta-a-zajimavosti>

Pivo a zdraví [online], [cit. 2019-01-10]. Dostupné z:
<http://www.zkustozdrave.cz/pivo-a-zdravi.html>

České minipivovary [online], [cit. 2018-12-14]. Dostupné z:
<http://www.ceskeminipivovary.cz/nabidka/vyroba/komponenty-pivovaru/studenyblok/cylindrokonicke-krasne-tanky/>

Cylindrokónické tanky [online], [cit. 2019-02-14]. Dostupné z:
<https://www.destila.cz/cylindrokonicke-tanky-ckt>

Nutriční vlastnosti piva [online], [cit. 2019-02-16]. Dostupné z:
<http://www.pivovary.info/view.php?cisloclanku=2007120009>