

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH
BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4103 Zootechnika

Studijní obor: Zootechnika

Katedra: Katedra potravinářských biotechnologií a kvality
zemědělských produktů

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

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Změny vybraných parametrů pív z minipivovaru v průběhu
zrání a skladování

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

Konzultant bakalářské práce: Dr. Ing. Jaromír Kadlec

Autor bakalářské práce: Aleš Karas

České Budějovice, 2019

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Zemědělská fakulta

Akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Aleš KARAS
Osobní číslo: Z15527
Studijní program: B4103 Zootechnika
Studijní obor: Zootechnika
Téma práce: Změny vybraných parametrů pív z minipivovaru v průběhu zrání a skladování
Zadávací katedra: Katedra potrav. biotechnologií a kvality zemědělských produktů

Zásady pro vypracování

Cílem práce je rešeršně zpracovat změny vybraných parametrů (mimo jiné organoleptické vlastnosti, obsah alkoholu, množství CO₂ apod.).
Bakalářská práce bude vypracována na základě pokynů uvedených na http://www.zf.jcu.cz/copy_of_students/informace-pro-studujici podle následující rámcové osnovy:

1. Úvod – charakteristika a význam řešené problematiky a cíl práce
2. Literární přehled – současný stav poznání dané problematiky získaný studiem soudobé vědecké a odborné literatury
3. Závěr – stručné shrnutí výsledků rešerše vyplývající z řešené problematiky
4. Seznam literatury – jednotný, podle platných citačních zásad

Rozsah pracovní zprávy: 20 – 30 stran
Rozsah grafických prací: dle potřeby
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam doporučené literatury:

- BASAŘOVÁ, Gabriela. Pivovarství: teorie a praxe výroby piva. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2010. ISBN 978-80-7080-734-7.
- DOSTÁLOVÁ, Jana a Pavel KADLEC. Potravinářské zbožíznalství: technologie potravin. Vyd. 1. Ostrava: Key Publishing, 2014, 425 s. ISBN 978-80-7418-208-2.
- GOODMAN, Michael K a Colin SAGE. Food transgressions: making sense of contemporary food politics. Farnham: Ashgate, c2014, xiv, 250 s. ISBN 978-0-7546-7970-7.
- 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 bakalářské práce: **Ing. Pavel Smetana, Ph.D.**
Katedra potravní biotechnologií a kvality zemědělských produktů

Konzultant bakalářské práce: **Dr. Ing. Jaromír Kadlec**
Katedra potravní biotechnologií a kvality zemědělských produktů

Datum zadání bakalářské práce: **24. března 2017**
Termín odevzdání bakalářské práce: **21. dubna 2018**

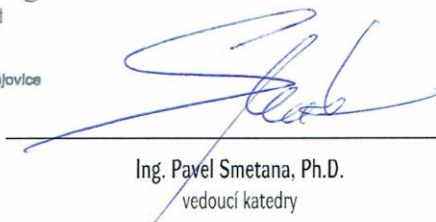
V Českých Budějovicích dne 24. března 2017

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Budejovická 1508, 370 05 České Budějovice



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

L.S.



Ing. Pavel Smetana, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení

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

V Českých Budějovicích dne 15. 4. 2019

.....

Aleš Karas

Poděkování

Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Pavlu Smetanovi, Ph.D. za ochotu, odborné vedení a za poskytnutí velmi cenných rad. Dále také děkuji rodičům za umožnění studia a velkou podporu během něj.

Abstrakt

Tato práce se zaměřuje na procesy v průběhu zrání a skladování piva. Kterými jsou změny vůně a chuti piva, změna čirosti a barvy a změna obsahu CO², včetně postupů, jak těmto změnám předejít, anebo je alespoň snížit. V první části práce je stručně popsána historie piva, na to navazuje popis základních surovin na jeho výrobu. V další části se práce zabývá samotným postupem vaření piva a v poslední části je popsáno zrání a skladování se změnami, které tyto procesy doprovázejí.

Klíčová slova: pivo, výroba piva, ležák.

Abstract

This thesis focuses on processes of ripening and storage of beer. These are changes in fragrance and flavor, change of clarity and color and change of the CO₂ content. I also include practices used to stop or at least reduce them. There is a short history of beer brewing in the first section of the thesis, followed by a description of the basic ingredients. In the next part there is a focus on the brewing itself. Ripening and storage practices are described in the last part.

Key words: beer, brewing, lager.

Obsah

1 Úvod.....	9
2 Literární rešerše	10
2.1 Charakteristika piva.....	10
2.2 Historie vaření piva	10
2.3 Složení piva	11
2.3.1 Ječmen	11
2.3.2 Chmel	12
2.3.3 Pivovarnické kvasinky	14
2.3.4 Voda	14
2.4 Druhy piv.....	15
2.4.1 Piva spodně kvašená.....	15
2.4.2 Piva svrchně kvašená.....	17
2.5 Vaření piva	18
2.5.1 Výroba sladu.....	18
2.5.2 Výroba mladiny	19
o Mletí a šrotování	20
o Vystírání a rmutování.....	20
o Zcezování a vyslazování	20
o Chmelovar	21
2.5.3 Kvašení, zrání	23
2.6 Závěrečné úpravy piva	28
2.6.1 Filtrace.....	28
2.6.2 Pasterace	28

2.6.3 Stáčení	28
2.7 Skladování	28
3 Závěr	33
4 Literární zdroje	34

1. Úvod

Za kolébku piva se obecně považuje kdysi úrodné území mezi řekami Eufrat a Tygris zvané Mezopotámie. Míní se, že kdysi 7000 let před naším letopočtem vznikl předchůdce tohoto nápoje náhodou vlivem tehdejšího uskladňování obilí v hliněných nádobách. V průběhu let se tento nápoj značně měnil s technologickým pokrokem výroby. Hlavní rozmach byl zaznamenán v 19. století, kdy započala průmyslová výroba piva. V dnešní době je naopak rozmach minipivovarů, které razantně zvyšují pestrost druhů a chutí piv prodáváných v České republice.

České pivo je pokládáno za národní nápoj i chloubu, za niž ČR uznávají i ve světě. Lze říci, že pivo představuje české kulturní dědictví, jehož hodnota by se měla zachovávat i dál. Má osobité vlastnosti, jež jsou výsledkem tradičními postupy výroby piva na našem území a technologie, které jsou řadu let nezměněné i v dnešní dynamické době. Stejně tak pěstování velmi kvalitního sladovnického ječmene, a zvláště pak chmele, který patří k nejlepším na světě.

V práci jsou popsány veškeré suroviny pro výrobu tradičního piva, stejně tak samotná výroba a její jednotlivé kroky. Zvláštní důraz je zde kladen na procesy v době zrání a následného skladování. Jelikož pivo je plné biologických sloučenin a částečně i mikroorganismů v podobě kvasinek, které i po filtraci nejsou zcela odstraněny, dochází zde k mnoha reakcím, které jej znehodnocují.

Cílem této práce je rešeršně zpracovat charakteristiku piva, jeho složení, historii vaření, druhy piv, proces vaření, zrání a skladování.

2. Literární rešerše

2.1 Charakteristika piva

Pivo představuje tradiční i populární nápoj, jež má na území České republiky dlouholetou tradici. Zahrnuje se mezi alkoholické nápoje s poměrně malým obsahem alkoholu (30-50 g.l⁻¹). Vyjma alkoholu pojímá pivo rovněž okolo 2 000 dalších látek. Obsahuje velké množství vody, tudíž jde o výrazně zavodňující nápoj. Dále pak obsahuje sacharidy ve formě tzv. „rychlých kalorií“, bílkoviny, trpké látky chmele, sloučeniny polyfenolů, oxid uhličitý, vitamíny i minerální látky.

Spojení těchto prvků dává fyziologicky vyvážený roztok, který je v harmonii s osmotickým tlakem krve. Podstatné v pivu je zastoupení minerálů, kde lze nalézt vyjma draslíku a sodíku, jež jsou zde obsaženy v pozitivním poměru, též chloridy, fosfor, vápník, hořčík i křemík. (Pivovarský dvůr Chýně, 2016).

2.2 Historie vaření piva

Pivo patří k nejstaršímu a současně vyráběnému nápoji z dob před 7000 lety, avšak původně se připravovalo spíše jako potravina než nápoj. Dle dochovaných nálezů se metoda rmutování za studena, užívala již před více jak 3000 lety (Novák, 2009).

Dle jiných zdrojů pochází základy pivovarnictví již z let 12 tisíc před naším letopočtem z dob takzvané neolitické revoluce (Katz a Maytag, 1991).

Významná a nepřetržitá dokumentace o spotřebě piva pochází z Egypta 5000 let před naším letopočtem. Běžným platidlem zde bylo obilí, které bylo použito na výrobu dvou základních artiklů, a to chleba a piva (Lopes a Duguid, 2010).

Pivovarnictví bylo velmi populární mezi Kelty a Germány, kdysi obývající severní a východní Evropu. Odtud pocházejí důkazy pivovarnictví nalezené na území dnešního Německa, Britských ostrovů a Skandinávie (Garavaglia a kol., 2013).

Technologické objevy se zavedením pasterizačních technik v devatenáctém století razantně změnily pivovarnictví. Kontrola pivovarského procesu, prostředí a druhu kvasinek umožnila získat standardizovaný produkt. Kromě toho, rozšířením parního stroje a vynálezem chlazené železné formy, se zlepšili podmínky pro masovou výrobu

a tím i spotřebu piva. Rozšíření železniční infrastruktury zase napomohlo distribuci, rozšířil se trh a celkový význam piva jako globálního produktu (Joffe, 1998).

2.3 Složení piva

2.3.1 Ječmen

Slad se produkuje ze specificky vyšlechtěných odrůd obilí, nejčastěji ječmene nebo méně častěji pšenice, jež mají markantní podíl na konečné chuti piva, jeho zabarvení a aromatu. Rozeznává se dle zabarvení na světlý a tmavý slad (slad plzeňský či bavorský) a dále se vyskytují speciální slady jako je karamelový, pražený, barvicí a podobně (Pivohranice, 2017).

Pro zhotovování sladu i sladových výtažků se pěstují na našem území vybrané druhy jarního, dvouřadého ječmene (*Hordeum distichum var. nutans*), jež náležejí k nejkvalitnějším druhům na světě. Četné zahraniční druhy mají genetickou podstatu z našich druhů pocházejících především z oblasti Hané (Čepička, 1995).

Na základě technologických testů jsou druhy sladovnických ječmenů umístěny podle vhodnosti pro sladařský průmysl do tří kategorií – jakostní, standardní a nestandardní. Pro potřeby sladařského průmyslu se používá ječné zrnko (obilka), které je složeno z obalových částí (pluch a plušek), zárodku (klíčku, embrya) a z endospermu, jenž je největší částí obilky. Ten je ústředním zdrojem zásobních sacharidů, bílkovin i dalších složek, nezbytných k formování typických vlastností sladu (Čepička, 1995,).

U sladovnického ječmene se hodnotí nejenom pěstitelské vlastnosti, tudíž výnos, rezistence a náročnost pěstování, avšak hlavně sladařské vlastnosti, tj. chemické složení i vhodnost pro produkci sladu. Z fyziologických vlastností je podstatná klíčivost i klíčivá energie. Z mechanických vlastností je podstatná například absolutní váha 1000 zrn a podíl zrn nad sítem 2,5 mm, to souvisí s jejich velikostí a udává nám kolik % zůstane nad sítem. Dalším důležitým atributem je odrůdová čistota i homogenita dodávaných částí. Významný je i co nejmenší podíl zrn cizích a biologicky poškozených, zplsnivělých, anebo zrn s nahnědlými špičkami, jež mohou být zdrojem spontánního přepěňování piva (Čepička, 1995).

Během chemického rozboru se kontroluje hlavně obsah vody, škrobu, souhrnných extraktivních látek a bílkovin. Kvalitní druhy sladovnických ječmenů mají

v sušině 62-65 % škrobu. Ječný škrob je lokalizován v endospermu zrna v tzv. škrobnatých zrnkách (granulích) charakteristického tvaru. Každé zrnko je zaobaleno mikroskopickými vrstvami bílkovin, lipoproteinů i lipidů. Bílkoviny s obsahem v optimální míře 10,5 až 11,5 %, se vyskytují v podobě odlišně rozpustných podílů albuminů, globulinů, hordeinů, glutelinů a jejich štěpů. Ječmen z dalších složek obsahuje neškrobové polysacharidy (celulosu, hemicelulosy, pentosany, β -glukany), volné aminokyseliny, peptidy, polyfenolové látky, množství vitamínů i minerální látky, z kterých jsou velmi podstatné fosforečnany (Čepička, 1995).

Ječmen bezprostředně po sklizni nemá schopnost klíčit a v době několika týdnů fyziologicky uzrává (dormance ječmene). V průběhu této doby v zrně oxidačními procesy dochází k odbourávání existujících inhibitorů klíčení a zároveň dochází k aktivování stimulatorů klíčení. Zásadní je z tohoto důvodu přístup kyslíku ke skladovanému zrně, jež se proto musí opakovaně provětrávat. Dormanci je možno zredukovat i fyzikálně-chemickými zásahy (sušením ječmene horkým vzduchem, máčením ječmene ve vodě syčenou kyslíkem, anebo obsahující chemická činidla). Dormance ječmene je druhovou vlastností a podléhá půdním i klimatickým podmínkám pěstování. V ČR pěstované druhy sladovnických ječmenů disponují převážně krátkou dobou posklizňového zrání (4-5 týdnů). Ječmeny s dlouhou dobou posklizňového zrání mají povětšinou nízký obsah enzymů a dávají méně jakostní slady (Čepička, 1995).

2.3.2 Chmel

Chmel patří mezi základní suroviny pro produkci piva, jež mu dodává osobitou nahořklou chuť prostřednictvím chmelových pryskyřic i chmelové aroma působením silic. Jsou to usušené chmelové hlávky, tj. zvětšená samičí květenství chmele evropského (*Humulus lupulus* var. *europaeus*) z čeledi konopovitých (*Cannabaceae*). Pro výrobu piva se užívají tyto hlávky jak čerstvé, tak sušené, anebo se upravují na tzv. chmelové produkty. Jde především o extrakty, lisované sušené hlávky, nebo granule a pelety, které jsou z nich vyrobené sušením, rozdrcením a následnou peletizací (Pivohranice, 2017).

Na území ČR se pěstuje několikero druhů chmele. Mezi nejznámější patří Žatecký poloraný červeňák, jenž bývá zařazován mezi nejjakostnější na světě. K dalším patří

například Sládek, Premiant a Agnus. Tyto odrůdy se pěstují ve třech zásadních oblastech – Žatecké, Ústěcké a Tršické, a to už od 8. století (Pivohranice, 2017).

Z pivovarského hlediska se druhy chmele člení na jemné neboli aromatické, zastoupené zejména žateckými odrůdami s příjemnou chmelovou vůní, a na trpké odrůdy s vysokým podílem pryskyřic, avšak většinou s hrubou vůní. Dle zbarvení chmelové révy se dělí chmelové odrůdy na červeňáky, opětovně zastoupené žateckými odrůdami, a na zeleňáky pěstěné v zahraničí, obzvláště v Anglii, Belgii i Americe. Pro jakost chmele je důležitý obsah pivovarsky významných složek, především pryskyřic, polyfenolů i silic (Pivohranice, 2017).

Technologicky nejdůležitějšími součástmi chmele jsou hořké látky, soustředěné hlavně v lupulinu (chmelovém pylu), jež dávají pivu typickou hořkou chuť a disponují antibiotickými vlastnostmi. Chmelová tříslovina se sráží během vaření sladiny s bílkovinou chmele, a tak přispívá ke vzniku lomu. Chmelové silice jsou stěžejní složkou aromatu chmele, jež je osobitá pro jednotlivé odrůdy chmele a odlišné pěstitelské oblasti. Méně efektivní jsou ostatní prvky pryskyřic, jako β -hořké kyseliny, necharakteristické měkké pryskyřice i houževnaté pryskyřice. α -hořké kyseliny lehce oxidují a transformují se v necharakteristické měkké pryskyřice, jež mají významně nižší pivovarskou hodnotu. Z tohoto důvodu se musí chmel skladovat za omezeného přístupu kyslíku v chladu i temnu. Polyfenoly čili třísloviny chmele mají zásadní technologické vlastnosti, jako je srážecí efekt na vysoko i středně molekulární bílkoviny během chmelovaru, a přispívají rovněž k výraznosti i říznosti chuti piva. Chmelové silice jinak z větší části během produkce piva vytékají v průběhu chmelovaru, avšak část, jež setrvává v mladině a přejde až do dokončeného piva, formuje jeho vůni (Pivohranice, 2017).

Protože při zpracování celého hlávkového chmele se získá jen velmi málo cenných pivovarských složek, které jsou zároveň i chemicky nestálé, tak se v současnosti více jak dvě třetiny chmelové produkce ve světě zpracovává na chmelové produkty. Chmel je možno zpracovat fyzikálními či chemickými metodami. Nejvýznamnější fyzikální úpravu představuje extrakce chmele. Produkují se buď extrakty dvoustupňové (standardní), anebo jednostupňové. V průběhu výroby jednostupňového extraktu se chmel vyluhuje pouze jednou, buď organickým rozpouštědlem, jež extrahuje výhradně pryskyřice a silice, anebo alkoholem, jenž vyluhuje všechny složky, avšak s nedostatečnou efektivitou. Velice moderní postup výroby chmelového extraktu

představuje extrakce kapalným nebo superkritickým oxidem uhličitým při vysokého tlaku. Během dvoustupňové extrakce se chmel vyluhuje zpočátku organickým rozpouštědlem pro vyextrahování pryskyřic i silic, a posléze se vyluhuje chmel horkou vodou pro vyextrahování polyfenolů. Po odpaření organického rozpouštědla i vody ve vakuu se oba výluhy smísí (Frkalová, 2007).

2.3.3 Pivovarnické kvasinky

Kvasinky jsou mikroorganismy užívané v biotechnologické produkci piva – pivovarnictví. Pivovarské kvasnice představují jednobuněčný rostlinný organismus bez chlorofylu. V průběhu kvašení, kdy je v nevykvašeném pivu (mladině) cukr transformován na alkohol, se kvasnice rozmnoží čtyřnásobně až pětinasobně. (Pivovary.info, 2019).

Dle průběhu fermentace se pro svrchní kvašení (cca 20 °C; během fermentace plavou kvasinky na hladině) používají kvasinky *Saccharomyces cerevisiae* subsp. *cerevisiae*. Pro spodní kvašení (5-10 °C; v průběhu fermentace se kvasinky usazují na dně fermentačních nádob) se využívají *Saccharomyces cerevisiae* subsp. *uvarum*. Některá piva jsou kvašena i samovolným kvašením, tudíž za užití divokých kvasinek i mikroorganismů přítomných v místě produkce bez doplňkového dodání čisté kvasničné kultury (Pivohranice, 2017).

2.3.4 Voda

Voda je bez nadsázky nejdůležitější surovina každého piva a není zapotřebí jen jako součást piva, ale je použita i při jeho výrobním procesu. Je dáno, že v průměru na 1 l piva je zapotřebí 4-8 l vody (Zejdlík, 2002).

Kvalita vody přímo ovlivňuje kvalitu piva, proto byly pivovary budovány v místech s jejím kvalitním zdrojem, ale v dnešní době s pokrokem technologie lze z jakékoliv vody vytvořit vodu s ideálními parametry pro pivovarnictví. Jeden z nejvýznamnějších parametrů je její tvrdost x měkkost (viz. tab. č. 1). Jedná se o množství vápenatých a hořečnatých iontů. K tomu se používají různé jednotky tvrdosti vody. Například německé stupně °dH nebo francouzské °F a další, dnes se užívá obecnější vyjádření v mmol.l⁻¹, tím je vyjádřen skutečný počet iontů v 1 litru. Tvrdost vody může být přechodová a stálá. Přechodová tvrdost vody je způsobena vápenatými

a hořečnatými hydrogenuhličitany a její tvrdost se snižuje po přechodu varem. Stálá tvrdost vody se varem nesnižuje.

Tab. č. 1 Stupně tvrdosti vody (Pozn.: Pro přepočítání platí 1 mmol l⁻¹ = 5,6 °dH)

Voda	mmol l ⁻¹	°dH
Měkká	Do 1,3	Do 7,3
Středně tvrdá	1,3 až 2,5	7,3 až 14
Tvrdá	2,5 až 3,8	14 až 21,3
Velmi tvrdá	Nad 3,8	Nad 21,3

Zdroj: <http://diversity-pivo.blogspot.com/2015/10/suroviny-1-dil-voda.html>

Nedá se říci jaká tvrdost vody je nejlepší, protože pro každý druh piva se hodí jiná tvrdost, obecně pro ležáky se užívá spíše měkká a pro silnější piva typu Ale a Stout se užívá spíše tvrdší. Dalšími faktory pro vhodnost vody je její železitost, ta není nijak zdravotně závadná, nicméně pro vaření piva se příliš nehodí vzhledem k negativním technologickým vlivům. Dále se sleduje zastoupení mikroelementů (Mn, Zn aj.), ty jsou důležité pro životaschopnost kvasinek, avšak ve vyšších koncentracích jsou pro kvasinky toxické. Základem je, aby každá voda pro výrobu piva splňovala všechny parametry vody pitné, které jsou stanoveny vyhláškou č. 252/2004 Sb.

2.4 Druhy pív

V České republice je základním pivem český světlý ležák s obsahem původního extraktu 11,00 až 12,99 %. Piva se u nás dělí podle barvy, podle původního extraktu, obsahu alkoholu a způsobu konečné úpravy. Dříve se na etiketách uváděla takzvaná stupňovitost a u lidí bylo vžité rozdělovat je na sedmičky, desítky, jedenáctky a dvanáctky, šlo o vyjádření hodnoty extraktu původní mladiny, ze které se dané pivo vyrobilo. Dnes se již stupňovitost na etiketách neuvádí (Eliášek, 2017)

2.4.1 Piva spodně kvašená

Naprostou největší část výroby zaujímají spodně kvašená piva, mezi která se zahrnuje i notně populární ležák plzeňského typu. Vedle něj sem náležejí dále kupříkladu Dortmunder, Bock, Märzen. Veškerá tato piva se nazývají jako lager, tudíž ležák. V našich podmínkách specifikuje česká legislativa ležák jako pivo s obsahem původního extraktu 11,00 až 12,99 %, což odpovídá obsahu alkoholu 4 až 6 %.

Argument, proč se tak označují, se nalézá ve finální etapě jejich výrobního postupu (Basařová a kol., 2010).

Podstatná odlišnost mezi produkcí svrchně a spodně kvašeného piva se totiž nalézá již v rámci tzv. prvotního kvašení, jež se odehrává v kádích a v současnosti neustále mnohdy v zakrytých cylindro-konických tancích. U spodně kvašených piv se na tomto zásadním kvašení podílejí kvasinky rodu *Saccharomyces cerevisiae* subsp. *uvarum*. Tyto kvasinky snáší větší chlad, spodně kvašené pivo tudíž v této etapě zraje maximálně při 11-12 °C. Tento rod kvasinek se během kvašení nachází na dně nádrže, eventuálně CK tanku, a to je taktéž důvod, proč jsou tato piva nazývána jakožto spodně kvašená. Doba prvotního kvašení u spodně kvašených piv se pohybuje řádově ve dnech. Pro tento druh kvasnic je charakteristické, že nevytvářejí kolonie, avšak žijí samotářsky (Alkoholium.cz, 2019).

Typy spodně kvašených piv:

- Pils je většinou světlé pivo, chuťově zaplněné, se zřetelně jemnou až lehce drsnou hořkostí. Toto pivo se zrodilo v polovině 19. století ve střední Evropě a v současnosti je celosvětově nejčastějším typem piva, jež se produkuje v mnoha obměnách a jehož reprezentantem je například Plzeňský Prazdroj, dle kterého je tento typ piva rovněž nazván. Náleží sem taktéž český Budweiser a rovněž většina piv, jež jsou u nás vyráběna.
- Bock, velice silné světlé či tmavé pivo se sladko-hořkou příchutí. Piva s koncentrací mladiny více jak 18 % jsou nazývána jako Doppelbock. Průmyslově se v dnešní době vyrábějí jen zřídka. Výjimkou je hlavně Německo. Typickými zástupci tohoto typu piva v České republice jsou Průhonický bizon pocházející z minipivovaru U Bezoušků v Průhonicích nebo Májový kozlík z pražského Pivovarského domu.
- Märzen je silnější jantarově zbarvené pivo se zřejmější plnou chutí i odlišnou hořkostí. Někdy se užívá příměs nakouřeného sladu. Produkuje se jenom zřídka, výhradně sezónně, obzvláště v německy mluvících zemích. V ČR je pivo Märzen, i když výlučně na jaře, prvkem sortimentu Pivovarského domu v Praze.
- Piva typu bavorského se produkuje z mnichovských sladů s příměsí barvicích sladů ve dvou zbarveních, tmavě rubínové a tmavohnědé (kupříkladu

Flekovské 13 %). Jsou typické vysokým obsahem extraktu, osobitou chmelovou hořkostí i hustou, stálou pěnou. Jedná se o silná piva, zaplněné sladovo-chmelové příchuti (Svět-piva.cz, 2013).

2.4.2 Piva svrchně kvašená

Svrchně kvašená piva byla v České republice do nedávna téměř neznámá, ale v průběhu posledních let tato piva opět nabývají na oblibě. Svrchní kvašení představuje nejstarší postup kvašení piva a ve středověku produkce takto kvašených piv převládala. Kvasinky, podílející se na svrchním kvašení, jsou převážně rodu *Saccharomyces cerevisiae* subsp. *cerevisiae* a na rozdíl od kvasinek spodního kvašení jim svědčí o něco vyšší teplota, zhruba mezi 15 °C až 20 °C. Kvasinky tohoto rodu při kvašení vystupují na povrch piva, kde se seskupují do kolonií, a to je příčina, proč se nedala svrchně kvašená piva v minulosti produkovat v létě. Kvasinky se totiž mnohokrát sloučily s bakteriemi z ovzduší, což neumožňovalo kvašení v průběhu teplých letních měsíců. V současnosti již není problém prostředí v místnosti, kde pivo kvasí, uměle řídit.

Svrchně kvašená piva disponují rozličnou škálou chutí a mohou tak chutnat například po banánech, citrusech či kupříkladu po různorodých druzích koření, aniž by bylo nezbytné do piva něco z toho přimíchávat.

Druhy svrchně kvašených piv:

- Ale, středně silné ba i silné, velmi prokvašené pivo s vyšší mírou hořkosti i celou řadou barev. Vyskytuje se celá škála piv, jež se dle zbarvení, hořkosti i příchuti člení do kategorií Pale Ale, Mild Ale, Bitter, India Ale, Scotch Ale atd. Mnohdy má charakteristický ovocný akcent.
- Pšeničné (Weissbier, Weizenbier) je středně silné, hlavně světlé pivo produkované s užitím pšeničného sladu. Je charakteristické menší hořkostí, velkým nasycením CO₂ i jasným banánovým aroma. Produkuje se v mnoha příchutích i druhových variacích, jak nefiltrované, tak i filtrované. Průmyslově se vyrábějí zejména v Německu, v ČR kupříkladu v pivovarech Břežnice i Náchod, v malém měřítku rovněž v některých minipivovarech

(v Pivovarském domě anebo v Pivovaře U Bulovky v Praze, u Rambouska v Hradci Králové nebo U krále Ječmínka v Prostějově).

- Stout je velice tmavé až černé, intenzivně hořké, hluboce prokvašené, avšak odlišně silné pivo. Procento zabarvujících sladů dosahuje až 20 % a častokrát se během produkce dodává karamelový cukr. Projevuje se kompaktní i trvalou pěnou. Domovinou tohoto typu piv jsou Anglie i Irsko.
- Porter, velice tmavé, silně prokvašené, hořké pivo s vysokým podílem alkoholu (až 9 %). Někdy se během vyrábění porterů užívají kvasinky rodu *Brettanomyces* pro sekundární dokvašování, jež dodávají porteru typickou ovocnou příchut'. Produkuje se především v Anglii. Českým zástupcem je pivo z pivovaru Pardubice Porter 19 %.
- Trappist se produkuje se výlučně v šesti trapistických klášterních pivovarech. Je typické tmavě měděným až tmavým zabarvením, silnou hořkostí, ovocnou, jemně nakyslou příchutí i vůní a podílem alkoholu až 12 %. V České republice je jediným producentem tohoto typu piv Klášterní pivovar Želiv (piva Castulus, Gotšalk i Siard Falco) (Svět-piva.cz, 2013).

2.5 Vaření piva

Celosvětová produkce piva v posledních letech dosahuje hodnoty téměř 2 miliard hektolitrů, jen v ČR bylo v roce 2017 vyprodukováno přibližně 20 milionů hektolitrů. Znalosti o vaření piva jsou dynamické s tím, jak probíhá nepřetržitý výzkum a vývoj v oblasti pivovarnictví (Vorel, 2018).

2.5.1 Výroba sladu

Některé pivovary si vyrábějí slad z ječmene sami, jiné jej kupují již hotový. Postup transformace ječmene ve slad je v podstatě jednoduchý a lze rozdělit do několika etap.

- Máčení ječného zrna má za následek zvýšení obsahu vody v něm (42-48 %), což způsobí zahájení enzymatických reakcí a klíčení. Při máčení se také odstraní různé nečistoty a vyluhují se některé nežádoucí látky. Máčení je dnes jeden z nejdůležitějších faktorů, který rozhoduje o budoucí kvalitě sladu. Tento proces probíhá v tzv. náduvnících, to jsou nádoby, které mohou

být válcové nebo čtyřhranné se spádovým kónusem 45°, aby mohl ječmen samovolně odcházet ven. Nad náduvníkem je zásobní koš, ve kterém je připraven vytríděný a odvážený ječmen. Délka tohoto procesu je přibližně 2 dny (Kadlec a kol., 2009).

- Klíčení má za cíl aktivaci a syntézu enzymů a rozluštění zrna při minimálních nákladech. Jde vlastně o rozštěpení vysokomolekulárních látek na jejich štěpné produkty a děje se tak rozrušením buněčných stěn a následné rozštěpení škrobových zrn a bílkovinných řetězců. Obsah vody je ovlivněn, jak vlastnostmi ječmene jako jsou odrůda a chemické složení, tak typem vyráběného sladu a požadovanou jakostí. Obecně u piv plzeňského typu je obsah vody 43-45 % a u piv bavorského typu 48-50 %. Konečným produktem klíčení je zelený slad (Kadlec a kol., 2009).
- Hvozdění je ve své podstatě sušení a cílem tohoto procesu je snížit obsah vody v zeleném sladu a zastavit vegetační pochody za stejné enzymové aktivity a vytvořit chuťové a barevné látky, které jsou charakteristické pro slad. Zelený slad se v první fázi suší v nadbytku vzduchu při teplotách 20 °C až 60 °C v další fázi hvozdění ve slabém proudu horkého vzduchu 60 °C až 105 °C. K nejdůležitějším reakcím při hvozdění patří tvorba oxido-redukčních látek, které stojí za barvou sladu a aromatických tedy chuťových látek. Zařízení, ve kterém se suší zelený slad, se nazývá hvozd, ten se skládá z vyhřívacího systému, lísky, větracího a regulačního systému a ovládacích prvků. Tento proces trvá přibližně 18 až 22 hodin. A obsah vody ve sladu je na konci pod 4 % (Kadlec a kol., 2009).

2.5.2 Výroba mladiny

Cílem u výroby mladiny je vyluhování optimálního množství látek ze sladu a chmele do vody. Jedná se hlavně o škrob, který se do roztoku převádí proto, aby jej mohly sladové enzymy přeměnit ve směs nízkomolekulárních sacharidů, které jsou poté kvasinkami zkvašeny na etanol a oxid uhličitý. Tyto pochody probíhají za vyšších teplot, které vytváří podmínky pro činnost určitých enzymů, které převádí optimální podíl extraktu ze suroviny do roztoku (Pelikán a Sáková, 2001).

Mladina se vyrábí v pivovaru ve varně ze sladu, z vody a z chmele. Samotná výroba se skládá z těchto dílčích procesů.

- mletí a šrotování;
 - vystírání a rmutování;
 - zcezení a vyslazování;
 - chmelovar.
- **Mletí a šrotování**

Účelem tohoto procesu je dokonalé vymletí endospermu sladových zrn. Jedná se o mechanické rozrušení zrna a je důležité pro zpřístupnění extraktivních látek sladu a k urychlení jejich rozpuštění a dalším změnám v dalších fázích jako je například rmutování. Zařízení pro mletí sladu se nazývá mlecí stolice nebo šrotovník, ty jsou obvykle umístěny v šrotovnách nedaleko varen, a kromě šrotovníků se zde nachází dopravníky, odlučovače prachu, automatické váhy a sběrné koše na sladový šrot (Basařová a kol., 2010).

- **Vystírání a rmutování**

V těchto dvou etapách dochází k dokonalému smíchání recepturou daného množství šrotu s určitým objemem vody. Vystírání je vlastně chemicko-inženýrská operace rozptýlu částic tuhé složky fáze v kapalně. Slad se nejprve smíchá ve vystírací kádi se studenou vodou a později se přidává voda horká tak, aby konečná teplota dosáhla 35 °C až 38 °C. Rmutování je oproti tomu komplikovanější úkon při výrobě mladiny, kdy dochází k složitým enzymovým reakcím vedoucím k získání určitého podílu extraktu v roztoku. Hranice mezi vystíráním a rmutováním není z hlediska enzymových reakcí nijak určená. Zhruba asi jen 15-17 % sladového extraktu je přímo rozpustných ve vodě a zbytek je proto nutné převést do rozpustné formy. Děje se tak účinkem sladových enzymů, které štěpí polysacharidy na zkvasitelné cukry (Kadlec a kol., 2009).

- **Zcezení a vyslazování**

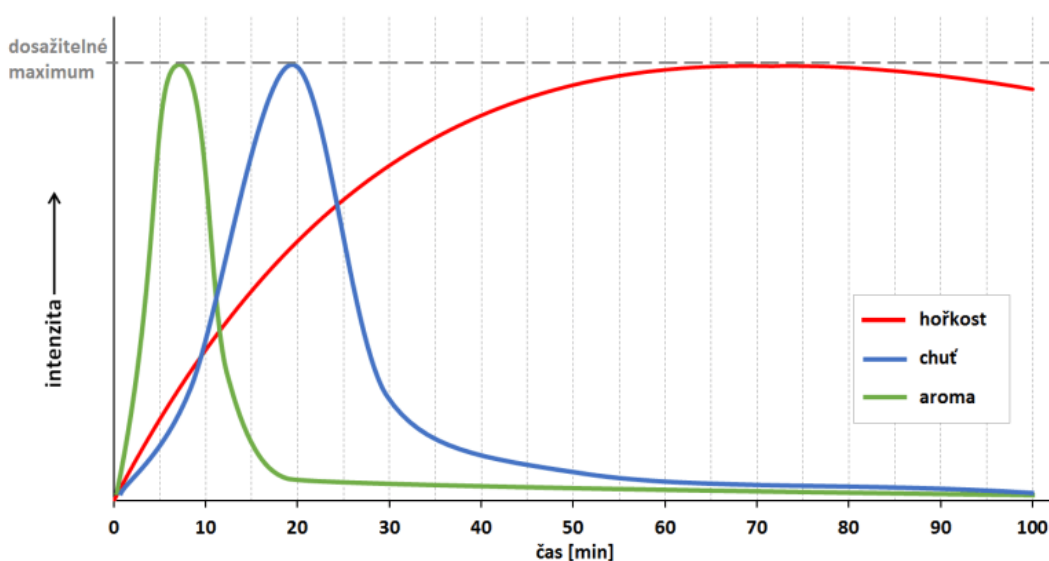
Zcezení je pivovarský termín, při kterém se filtruje roztok extraktu od nerozpustných zbytků mláta. To probíhá ve dvou krocích, první krok je oddělení tzv. předku, to je extrakt roztoku sladu vytvořený v průběhu rmutování. Následuje vyslazování, to představuje promytí mláta vodou o teplotě asi 76 °C. Získaná zředěná sladina se nazývá výstřelky. Ta se shromažďuje spolu s předkem ve sběrači sladiny, nebo mladinové pánvi (Kadlec a kol., 2009).

○ Chmelovar

Nyní přichází na řadu chmel. Ten se smísí se sladinou na mladinové pánvi, kde se přibližně 90 minut vaří. Během chmelovaru dochází k několika fyzikálně-chemickým změnám, mezi které patří zejména odpaření přebytečné vody (8-10 %), dále inaktivace enzymů a sterilizace mladiny, vysrážení bílkovin obsažených ve sladině. Tím se původně čirá sladina zakalí a tvoří se takzvaný lom mladiny a pokles pH. Nejdůležitější chemická přeměna je isomerace α -hořkých kyselin. Ty samy o sobě nejsou téměř vůbec hořké, avšak jejich isomerací dochází k uvolnění produktů, které jsou naopak velmi hořké a lépe rozpustné, jež dodávají pivu jeho osobitou chuť. Množství těchto produktů je dáno teplotou a dobou chmelovaru (Kadlec a kol., 2009).

Českým standardem jsou tři chmelení, tedy troje přidání chmele do chmelovaru. První z nich se přidává na počátku varu a jedná se o takzvané chmelení na hořkost. K tomu se vybírá odrůda chmele s vyšším obsahem α -hořkých kyselin. Zbývá dvě mají za cíl převést aromatické a konzervační látky do mladiny a uskutečňují se přibližně až 10 minut před koncem, jinak by tyto látky v průběhu varu vytékaly. Mezi aromatické látky patří chmelové silice (myrcen, karyofylen, humulen) a mezi konzervační polyfenoly. Jak by vypadalo chmelení, pokud by se vše přidalo hned na počátku varu lze vidět na grafu č.1. Pro zajímavost, některé minipivovary používají takzvané chmelení za studena (dry hopping), což jim dodá maximum chmelové vůně a chuti. Toto přidání chmele se může odehrávat v průběhu nebo i po skončení fermentace (Kadlec a kol., 2009).

Graf č. 1 Závislost intenzity hořkosti, chuti a aroma na čase v průběhu varu piva



Zdroj: <https://www.alkoholium.cz/uvarte-si-s-nami-domaci-pivo-3-dil-od-sladiny-k-mladine/>

Na konci této etapy vzniká tzv. mladina, z níž se též určuje stupňovitost piva. Mladina se ještě zchlazuje, odstraňují se z ní kaly, a hlavně se sytí kyslíkem, který je důležitý pro činnost kvasinek v následujícím procesu kvašení (Kadlec a kol., 2009).

Pro vyjádření obsahu hořkých látek v pivu se užívá hodnota IBU (International Bittering Units), viz. tab.č. 2. Jde v podstatě o vyjádření miligramů hořkých látek na jeden litr piva. Veličina se užívá k porovnávání hořkosti piv a její určitá hodnota je charakteristická pro různé pivní styly (<http://diversity-pivo.blogspot.com>, 2016).

Tab č. 2 Hodnoty obsahu hořkých látek (IBU) charakteristické pro jednotlivé pivní styly

Obsah hořkých látek (mg.l ⁻¹)	Pivní styl
4-6	Berliner Weisse
6-16	american lager
16-24	ležák, tmavé pivo
24-35	porter, ležák plzeňského typu
35-45	Ale
45-80	Ipa, stout

Zdroj: <http://diversity-pivo.blogspot.com/2016/01/proces-2-dil-chmelovar.html>

2.5.3 Kvašení, zrání

Kvašení mladiny probíhá ve dvou stupních, přičemž první se nazývá primární fermentace nebo také hlavní kvašení. V tomto stupni přemění pivovarské kvasinky podstatnou část využitelných látek z mladiny. Mezi hlavní změny v průběhu tohoto kvašení patří pokles původního extraktu mladiny, zkvašování sacharidů, změna acidity a barvy, změna hořkých látek a utváření vedlejších produktů jako estery, alkoholy a mastné kyseliny, které jsou svým poměrem typické pro určitý druh piva (Basařová a kol, 2010).

Hlavní kvašení probíhá v kvasných nádobách umístěných v prostorilách zvaných spilka, které se dříve nacházely ve sklepení, avšak dnešní spilky jsou spíše v tepelně izolovaných a dobře chlazených prostorách. Stejně tak materiál kvasných kádí dnes nahradil beton, ocel a nerez, dříve se užívaly dřevěné kádě z modřínového či dubového dřeva. Od 90. let se u velkých pivovarů rozšiřuje kvašení a dokvašování v cylindro-kónických tancích (CKT), kde vlastně odpadá proces přečerpávání piva mezi hlavním kvašením a dozráváním a vše se tedy děje v jedné nádobě (Basařová a kol, 2010).

Na konci se z hladiny sbírá tmavá hustá pěna (deka) a poté je mladé pivo připraveno k sudování nebo přečerpání do ležáckého tanku. Po odčerpání se také sbírají ze dna usazené kvasinky, které se propírají a znovu se mohou použít. Takto lze recyklovat 3x až 5x, poté se kultura kvasinek vlivem mutace a kontaminace začíná chovat jinak a již není vhodná k použití v pivovarnictví (Kadlec a kol., 2009).

Extrakt původní mladiny (EPM) neboli stupňovitost, nám udává koncentraci důležitých látek ze sladu a chmele v roztoku před samotným kvašením piva. Patří sem hlavně cukernaté složky, jak zkvasitelné, tak nezkrasitelné a taktéž ty necukerné jako vitamíny a minerály. Před vyhláškou č. 335/1997 Sb. platilo, že desítka obsahuje 10 % těchto látek a dvanáctka 12 %. V průběhu primární fermentace dochází k poklesu EPM vlivem působení kvasinek, které zkvašují sacharidy a také únikem těkavých sloučenin. Působením kvasinek nejprve dochází k přeměně glukosy a sacharózy a přibližně po spotřebě 60 % glukosy nastává kvašení hlavního pivovarského cukru maltosy. Hlavní vliv na míru poklesu extraktu původní mladiny má teplota, tlak, doba kvašení a druh použitých kvasinek, přičemž za konec první části fermentace se považuje stav, kdy nedochází k poklesu většímu než 0,15 % až 0,20 % hmotnosti

za jeden den. Vztahy mezi původním a zdánlivým extraktem vyjadřuje Ballingův vzorec viz obr. č.1. (Basař a kol, 2010).

Obr. č. 1 Velký Ballingův vzorec

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

Zdroj: Příloha k vyhlášce č. 468/2003 Sb.

Vysvětlivky ke vzorci pro výpočet extraktu původní mladiny:

p - extrakt původní mladiny

E_s - hmotnostní procento skutečného (nezkvašeného) extraktu piva, které se stanoví pyknometricky, popřípadě denzitometricky, po oddestilování alkoholu a doplnění destilovanou vodou na původní hmotnost vzorku

A - hmotnostní procento alkoholu stanovené v destilátu pyknometricky, popřípadě denzitometricky.

Další změnou je změna acidity, která během kvašení vzrůstá a pH se tedy snižuje, je to způsobeno tvorbou těkavých a organických kyselin. Původní pH mladiny je kolem 5,2 až 5,7 a v průběhu kvašení se snižuje na 4,3 až 4,7 pH, přičemž k největšímu poklesu dochází hned v počátku, a to vlivem pomnožení buněk, které absorbují amoniak a aminokyseliny a zároveň se uvolňují anorganické fosforečnany (Basařová a kol, 2010).

V průběhu první fáze fermentace se mění také barva. Ta se většinou udává v jednotkách EBC (European Brewery Convention) nebo SRM (Standard Reference Method), obě tyto metody používají spektrofotometr při vlnové délce 430 nm k měření barvy, přičemž se liší ve výběru květy a vztah mezi těmito jednotkami je takový, že EBC se přibližně 1,97 násobek SRM. Jednotlivé hodnoty veličin, zbarvení a příklady piv jsou vidět v obr. č. 2. EBC se v této fázi fermentace zvyšuje v průměru

o 3 až 4 jednotky, a to vlivem vylučování látek do roztoku jako jsou melanoidiny a kondenzované polyfenoly (Reichert, 2019).

Působením kvasinek během kvašení dochází k tvorbě mnoha vedlejších produktů. Za zmínku stojí vyšší alkoholy jako například isoamylalkohol a isobutanol, vyšší množství těchto produktů způsobuje nepříjemné chutě jako je silná alkoholová, ředidlová, ostrá a hořká chuť. Důvodem může být kvašení při příliš vysoké teplotě nad 26 °C nebo použití nevhodného kmene kvasnic, avšak u některých silných piv je malé množství těchto látek žádané. Dalším vedlejším produktem jsou estery, ty jsou důležité při tvorbě buketu piva. Jejich vznik je spojen s metabolismem lipidů u kvasinek a je ovlivněn kmenem a množstvím použitých kvasnic, teplotě kvašení, složením mladiny a provzdušněním. Přibližně třetinu esterů tvoří ethylacetát, který pivu propůjčuje ovocnou chuť, která je pro některé pivní styly žádoucí, jako je například pšeničné pivo nebo piva belgická (Basařová a kol, 2010).

Obr. č. 2 Vztah mezi jednotkami SRM a EBC, příklady piv a jejich barva.

SRM/Lovibond	Example	Beer color EBC
2	Pale lager	4
3	German Pilsner	6
4	Pilsner Urquell	8
6		12
8	Weissbier	16
10	Bass pale ale	20
13		26
17	Dark lager	33
20		39
24		47
29	Porter	57
35	Stout	69
40		79
70	Imperial stout	138

Zdroj: <https://undertheinfluence.beer/word-of-the-week/2017/1/19/srm-vs-ebc>

Mezi další látky ovlivňující organoleptické vlastnosti piva patří ketony, zde mají největší vliv vicinální diketony a to hlavně diacetyl. Ten v pivu způsobuje známou máslovou chuť již při koncentracích 0,12 až 0,15 mg l⁻¹. V některých silnějších pivech je malé množství přijatelné, avšak v pivech typu ležák je tato chuť nežádoucí a díky menší plnosti chuti velmi snadno rozpoznatelná. Diacetyl vzniká velmi brzy ve fermentačním procesu a k jeho utvoření je zapotřebí kyslík. Vzhledem k tomu, že před fermentací dochází k provzdušnění je jeho tvorba nevyhnutelná. Naštěstí je diacetyl později v průběhu fermentace redukován pod prahovou hranici vnímání, a to zejména na butan-2,3-diol, který má na kvalitu piva již výrazně nižší vliv. Na odbourávání diacetylu má vliv hlavně použití kmene kvasnic, protože vysoce flokulující kvasnice rychle vypadnou z mladiny a již nejsou schopny absorbovat diacetyl. Nezanedbatelný vliv má také teplota a dostatek času (mr-sladek.cz, 2010).

Dokvašování, někdy nazývané jako zrání, je proces, který má jako hlavní úkol nasytit pivo oxidem uhličitým a harmonizovat chuť piva. Na výslednou chuť piva má právě zrání významný vliv, přičemž tato doba je rozdílná pivovar od pivovaru (Alkoholium.cz, 2019).

Dříve byly ležácké sklepy umístovány do sklepních prostor, kvůli tepelné izolaci a tyto prostory byly chlazeny ledem z ledárny, přitom dnešní ležácký sklep představuje stovky metrů chodeb, které jsou chlazeny pomocí chladicích agregátů. Pivo je zde uzavíráno v tancích při přetlaku asi 1 atm a teplotě do 2 °C. Díky tomu dochází k nasycení piva oxidem uhličitým (pivo-pivo.cz, 2001).

Do piva se oxid uhličitý dostává především kvasinkami v průběhu fermentace, která se odehrává v uzavřené nádobě za vyššího tlaku, aby posléze oxid uhličitý samovolně neutíkal je pivo k distribuci vždy uzavřeno v utěsněné nádobě, jako je sud, skleněná nebo plastová láhev. Někdy je pivo syceno nuceně vhnáním oxidu uhličitého pod tlakem do uzavřené nádoby s pivem (thespruceeats.com, 2018).

Množství CO₂ v pivě souvisí s jeho rozpustností, a to zase souvisí s teplotou, tlakem a složením piva, avšak platí, že nižší teplota znamená větší rozpustnost a naopak. Obsah CO₂ v pivu je často vyjádřen v objemech plynu při standardní teplotě a tlaku na objem piva nebo v gramech CO₂ na litr piva. Točené pivo obsahuje 1,2 objemu CO₂, pivo v sudech obsahuje 2-2,6 objemu a lahvové ještě více. Vysoké rozpustnosti oxidu uhličitého při nízkých teplotách je využíváno zvláště u piv podávaných za nízké

teploty, při konzumaci, kdy se pivo dostane do kontaktu s teplým povrchem úst a jazyka se vytváří kyselina uhličitá a tím vzniká osvěžující pocit. Tento pocit v kombinaci s hořkostí chmele a sladkostí sladu dodává pivu tu správnou chuť. CO₂ v pivě také tvoří proudy bublinek ze spodní části sklenice směřující k hladině, ty působí jednak esteticky, ale také napomáhají tvoření a udržení té správné pěny (beerandbrewing.com, 2009).

Během dokvašování dochází k číření piva, to závisí hlavně na teplotě a množství kalících částecích (polyfenoly, polypeptidy, kvasinky), které v průběhu ležení pomalu sedají na dno ležáckých nádob a zároveň s sebou strhávají i jiné vysokomolekulární látky. Pokles polyfenolů v pivě během dokvašování je přibližně 20 % u dusíkatých 10 % a u hořkých chmelových látek je pokles od 3 do 12 %. Při této sedimentaci se tedy zákal piva snižuje, k dalšímu snížení zákalu dochází při filtraci (Basarová a kol., 1985).

V době ležení piva se v něm odehrávají další chemické procesy, jež působí na organoleptické vlastnosti. Mění se podíl asimilovatelného dusíku a stoupá „říz piva“, jenž však nesouvisí jen se vzrůstajícím obsahem CO₂. Mění se rovněž obsah izosloučenin, což směřuje ke snížení silné hořkosti piva, i další chemické přeměny pak směřují k vymizení cizích chutí i vůní příznačných pro mladé pivo (Kovanda, 2018).

Ležení piva lze rozdělit na tři etapy, přitom v první etapě nastává prokvašení zbývajících cukrů (tzv. extraktu) a vymizení nevhodných chutí i vůní. U dvanáctistupňového piva trvá okolo šesti týdnů. Druhá etapa ležení je již z chemického hlediska výrazně klidnější, avšak stále nastávají změny, díky nimž se příchutě i vůně spojují a navzájem harmonizují. Tato etapa trvá přibližně osm týdnů a pak nastává třetí, rozhodující fáze, kdy se pivo tzv. láme – jeho vlastnosti se už evidentně nezlepšují, naopak zhoršují. Mimo jiné kupříkladu proto, že se kvasinky započnou vzájemně požírat, což má za následek další chemické přeměny, jež se nepříznivě odrazí v chuti. Obecně lze říci, že dvanáctistupňové pivo by mělo ležet nejméně 70 dnů, maximálně 112 dnů a ideálně okolo 90 dnů, avšak vše záleží na druhu kvasinek, ale především hlavně na vybavení pivovarů, kdy například při použití CKT lze dobu ležení stáhnout na několik málo týdnů (Kovanda, 2018).

2.6 Závěrečné úpravy piva

Tyto závěrečné úpravy se provádějí s cílem zajistit spotřebitelské a komerční požadavky na vzhled, trvanlivost a obchodovatelnost výrobku.

2.6.1 Filtrace

Filtrace odstraňuje z piva zbytky neusazených mikroorganismů a koloidních částic, tím získává jiskrnou čirost. Filtrace se dnes nejčastěji provádí na svíčkových filtrech, kdy pivo protéká přes membránu o různé pórovitosti. Nejmodernějším způsobem je membránová filtrace, pomocí které lze nahradit i pasteraci (Kadlec a kol., 2009).

2.6.2 Pasterace

Pasterace je tepelné ošetření piva s cílem zvýšit jeho biologickou trvanlivost. Pasterační teplota se většinou pohybuje okolo 60-62 °C a 70-74 °C dle použité technologie, avšak oba tyto procesy prodlužují životnost piva. Když se pomínou, rodí se tzv. nefiltrovaná anebo nepasterizovaná piva (dle toho, který proces je pomínut). Ta sice disponují podstatně kratší trvanlivostí, nicméně dle četných konzumentů zřetelně lepší chutí (Kadlec a kol., 2009).

2.6.3 Stáčení

Stáčení do přepravních obalů je komplikovaný proces, protože je velmi náročný na inženýrské, energetické a hygienické podmínky. Je třeba zajistit kvalitativní vlastnosti piva během procesu stáčení, což znamená, že nesmí docházet ke ztrátám oxidu uhličitého ani dalším těkavým látkám a současně se musí zamezit přístupu kyslíku, jenž velmi nepříznivě zasahuje do senzorické a koloidní stability. Stejně jako u jiných produktů je i pro pivo velmi důležitý vzhled obalů (Basařová a kol., 2010).

V ČR je přibližně 50 % z celkové výroby piva baleno do malých transportních obalů, přičemž v jiných zemích EU je tento podíl 80 % až 90 % vyjma Velké Británie a Irska. Jako malé transportní obaly slouží nejčastěji skleněné lahve, dále plechové obaly a stále používanější plastové láhve (Kadlec a kol., 2009).

2.7 Skladování

Problém u piva, na rozdíl třeba od vína je ten, že se jeho vlastnosti během delšího skladování až a výjimky zhoršují. Minipivovary se vždy chlubily výrobou

nefiltrovaných a nepasterovaných piv a použitím chmele ve stále větším množství. Výsledkem toho jsou piva, která jsou mnohem náchylnější na ke změnám v průběhu skladování. Uložení piva na chladném a temném místě jeho životnost dozajisté prodlužuje, avšak nikdy ne neomezeně (Vorel, 2018).

Nejvhodnější piva k určitému stárnutí jsou ta s vyšším obsahem alkoholu kolem 7-9 % nebo více, jelikož mají lepší šanci udržet si svůj charakter v průběhu stárnutí, stejně tak, jsou na tom ta kvašená divokými kvasnicemi, která mají větší tendenci se s věkem zlepšovat a vyvíjet se. V minulosti největší potíže způsoboval výskyt mikroorganismů, nicméně s pokrokem v oblasti pivovarnické technologie, je jejich výskyt v pivě pod dobrou kontrolou. Větší zájem se nyní ubírá k senzorickému stárnutí, to dnes představuje jeden z nejvýznamnějších problémů, kterému pivovarský průmysl čelí, protože pivní chuť je považována za nejdůležitější parametr jeho kvality (Vanderhaegen, 2005).

Senzorické stárnutí se týká převážně lahvového piva a piva v plechovkách, sudové pivo se uskladňuje většinou v prostorách s teplotou do 5 °C. Rychlost stárnutí je ovlivněn jednak chemickým složením, tak skladovacími podmínkami (doba skladování, teplota a světlo). K těmto organoleptickým změnám probíhajícím v průběhu skladování patří například pokles hořkosti a změna charakteru, snížení ovocného aroma s vznik nepříjemných a nežádoucích chutí a vůní viz. obr. č. 3 (Olšovská, 2016).

Například zápach kočičí moči nebo tzv. „ribes“. Termín „ribes“ označuje charakteristický zápach stonků (*Ribes saccatum*) a listů (*Ribes nigrum*) rybízu, přičemž konkrétně tato nežádoucí chuť je způsobena užitím špatného chmele, a hlavně nadměrnou hladinou vzduchu ve vrchní části láhve, a to nad 5 ml vzduchu na láhev o objemu 300ml (Apperton, 1976).

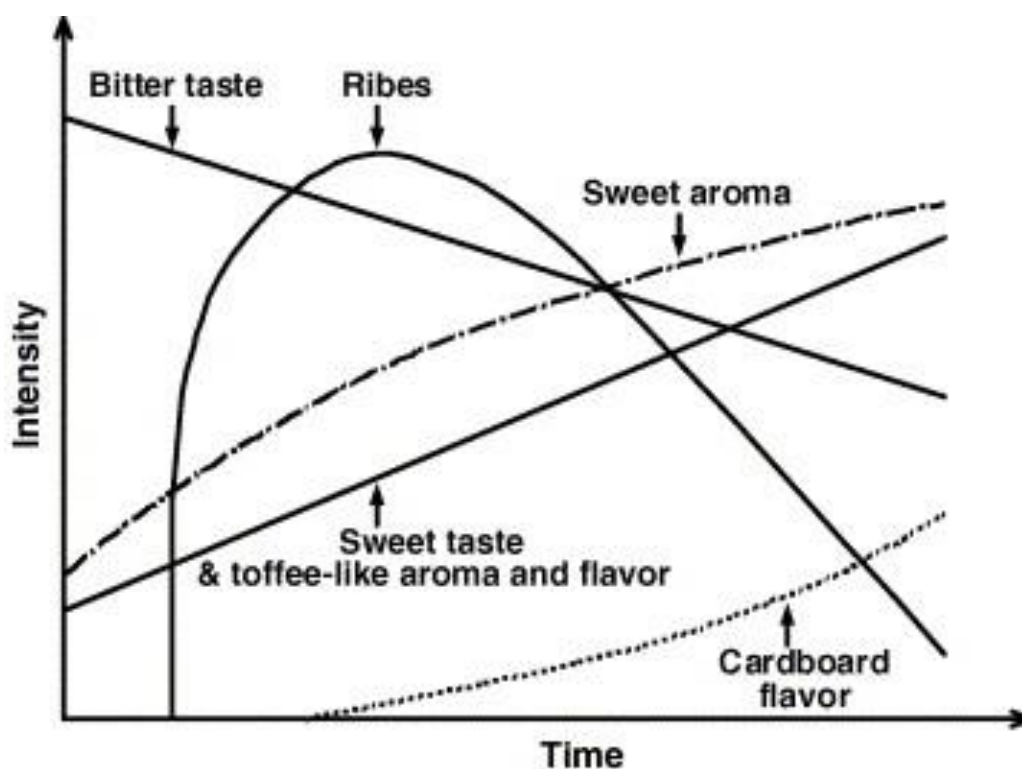
Když tato chuť dosáhne svého maxima, dominuje zápach a příchut' lepenkové krabice nebo také slámová chuť, to je způsobeno uvolněním 2-nonelanu nebo jiné sloučeniny s podobnou strukturou obsahující karbonylovou skupinu (C = O) a dvojnou vazbu (C = C) které také přispívají k chuti lepenkové krabice (beer sensory science, 2000).

Další nepříjemnou chutí označována jako letinková nebo skunčí, je popisována již od roku 1875 a při tvorbě této chuti se uplatňuje viditelné světlo při vlnové délce 420 až 520 nm. Iniciátorem je 3-methyl-2-buten-1-thiol vznikající fotooxidací isohumulonů, proto se také zároveň snižuje hořkost piva. Hlavním opatřením vůči tomuto znehodnocení je použití moderních tetrahydroisohumulonů a balení piva do hnědých nebo zelených skleněných lahví, které filtrují světlo a snižují jeho propustnost. Hliníkové plechovky propustnost světla úplně blokují (livescience, 2001).

Zhoršení chuti je důsledkem syntetických i degradačních reakcí. Tvorba určitých molekul v koncentracích nad jejich prahové vnímání vede k nově pozorovatelné chuti, zatímco degradace molekul v koncentracím pod jejich prahové vnímání způsobuje ztrátu určité chuti v pivě. Kromě toho interakce mezi různými látkami může zvýšit nebo potlačit vliv chutí (Meilgaard, 1975).

Obecně jsou tyto změny způsobeny různými chemickými procesy, jako je Streckerova degradace aminokyselin, oxidace nenasycených mastných kyselin, Millardovy reakce nebo syntéza a hydrolýza esterů při kterých vznikají karbonylové látky.

Obr. č. 3 Změny chutí a aroma v průběhu skladování piva



(Dalglish, 1977)

Dalším měnícím se parametrem v průběhu skladování, a tedy stárnutí piva je jeho barva a zákal. Ke sledování změny barvy a čírosti piva se používají jak subjektivní, tak objektivní metody. Změna barvy a čírosti souvisí jak s oxidací flavonoidních a polyfenolových látek, tak s obsahem melanoidinů, látek vznikajících ze sacharidů při pražení sladu. K posouzení změn se používá poměr vlnových délek např. 465 nm a 550 nm, tento poměr v průběhu času klesá, naopak absorbance vlnové délky 430 nm stoupá. S časem obecně vzrůstá intenzita barvy piva a zároveň se mění její odstín směrem k červené (Šavel, 2010).

Dále bych se zaměřil na alkohol, který je v pivě je určen množstvím zkvasitelných cukrů, ale hlavně stupněm prokvašení a neznámá tedy, že dvanáctka má více alkoholu než jedenáctka, ačkoliv se jeho hodnota v průběhu skladování téměř nikterak nemění, mohou zde být určité rozdíly. Pivo je ve své podstatě nestabilní produkt a v průběhu času se může značně měnit, pokud není správně uloženo. Procento alkoholu se může snižovat z důvodu mikrobiální přeměny etanolu na kyselinu octovou a částečné ztráty alkoholu nastávají také z důvodu migrace etanolu přes stěny obalu, pokud není nádoba řádně utěsněna. Na druhou stranu je však možné,

že procento alkoholu se bude naopak zvyšovat další fermentací, pokud se v roztoku nacházejí reziduální kvasinky a není správně uskladněno, to platí hlavně pro taková piva, která prodělávají sekundární fermentaci v sudu (Entwisle, 2008).

3. Závěr

Jak vyplývá z této práce, pivo představuje tradiční i populární nápoj, jenž na území České republiky má dlouholetou tradici.

Pro výrobu se užívá několik základních surovin, a to slad, chmel, pivovarské kvasinky a voda.

Dříve největší problém při skladování představoval výskyt mikroorganismů, s pokrokem technologie tento problém téměř vymizel a pozornost se ubírá směrem k senzorickým vlastnostem. Stabilita piva je dána hlavně kvalitním výběrem surovin, hygienou výrobního procesu, kvalitou závěrečných úprav piva a také kvalitou obalů, ve kterých je pivo distribuováno. Velké pivovary jako je například Budějovický Budvar nebo Plzeňský Prazdroj vyrábí stále stejná piva v obrovské míře, a proto zde mají dobře zvládnutá opatření vůči změnám v průběhu zrání a skladování. Oproti tomu minipivovary si mohou dovolit mnohem více experimentovat a objevovat, přičemž zároveň většinou nemají takové technologie jako právě velké pivovary. Tím pádem se zde více potýkají s těmito změnami.

4. Literární zdroje

ALKOHOLIUM.CZ. Pivo Složitý postup vaření piva plzeňského typu. <https://www.alkoholium.cz> [online]. 2019 [cit. 2019-01-21]. Dostupné z: <https://www.alkoholium.cz/slozity-postup-vareni-piva-plzenskeho-typu/>

BASAŘ, Petr, BASAŘOVÁ, Gabriela, Ivo HLAVÁČEK, Jan HLAVÁČEK. České pivo. 3., dopl. vyd. Praha: Havlíček Brain Team, 2011. ISBN 978-80-87109-25-0.

BASAŘOVÁ, Gabriela. Pivovarství: teorie a praxe výroby piva. 2010. Vysoká škola chemicko-technologická (VŠCHT), 2010. ISBN 978-80-7080-734-7.

Beer Carbonation: Discovering the Science Behind It. The Spruce Eats [online]. Dostupné z: <https://www.thespruceeats.com/why-is-beer-fizzy-353152>

BEERSENSORYSCIENCE.WORDPRESS.COM Lightstruck <https://beersensoryscience.wordpress.com> [online]. 2011 [cit. 20.03.2019]. Dostupné z: <https://beersensoryscience.wordpress.com/2011/03/17/lightstruck/>

Brooke Borel, Why Does Beer 'Skunk'. Zdroj: <https://www.livescience.com> [online]. 2001 [cit. 2019-02-21]. Dostupné z: <https://www.livescience.com/33718-beer-skunks.html>

Carbon Dioxin, | Craft Beer & Brewing. Home | Craft Beer & Brewing [online]. Copyright © 2019 [cit. 11.03.2019]. Dostupné z: <https://beerandbrewing.com/dictionary/PoV1K8jeSb/>

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

da Silva Lopes, T. and Duguid, P. eds., 2010. Trademarks, brands, and competitiveness (Vol. 19). Routledge.

Dokvašování-PIVO-PIVO (svět piva a vše kolem něj). 301 Moved Permanently [online]. Dostupné z: <https://www.pivo-pivo.cz/svetpiva/clanek/227-Dokvasovani/index.htm>

ELIÁŠEK, Jan. Beer and breweries of the Czech Republic. Český Krumlov: MCU, 2017. VisitBohemia guide. ISBN 97-880-7339-328-1.

Entwisle, J., Garrett, J., Elahi, S., & Roper, P. (2008). Investigations into the effect of selected storage conditions on the alcohol content and original gravity of beers samples. Food control, 19(5), 461-464.

FRKALOVÁ, Zdeňka. Výroba piva, změny a perspektivy po vstupu do EU. Zlín, 2007. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická. Vedoucí práce Ing. Josef Mrázek.

Garavaglia, C., Malerba, F., Orsenigo, L. and Pezzoni, M., 2013. A simulation model of the evolution of the pharmaceutical industry: a history-friendly model. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 16(4), p.5.

<https://beersensoryscience.wordpress.com> [online]. 2000 [cit. 2019-02-21]. Dostupné z: <https://beersensoryscience.wordpress.com/2011/03/17/lightstruck/>

J. F. Ciapperton, 1976. RIBES FLAVOUR IN BEER, The development of ribes flavour in beer is closely correlated with headspace air.

JAŠKOVÁ, LADA. OŠETŘOVÁNÍ A SKLADOVÁNÍ NÁPOJŮ. OLOMOUC, 2015. Dostupné také z: https://www.cuok.cz/uploads/attachment/url/103/SOH_7_text_St.doc

Joffe, A.H., 1998. Alcohol and social complexity in ancient western Asia. *Current Anthropology*, 39(3), pp.297-322.

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

KATZ H. SOLOMON & FRITZ MAYTAG, 1991, *Brewing and Ancient Beer*, Expedition, vol. 44, pp. 24-33.

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

KOVANDA, Radek. Zásadní pivní otázka: proč a jak dlouho musí pivo ležet? Zdroj: <https://g.cz/budvar-zasadni-pivni-otazka-proc-jak-dlouho-musi-pivo-lezet/>. <https://g.cz> [online]. 2018, 22.5.2018 [cit. 2019-01-21]. Dostupné z: <https://g.cz/budvar-zasadni-pivni-otazka-proc-jak-dlouho-musi-pivo-lezet/>

KUNZE, Wolfgang. *Technology Brewing and Malting*. Vlb Berlin. Versuchs- u. Lehranstalt f. Brauerei. ISBN 3921690498

M. Meilgaard. Stale flavor carbonyls in brewing. *Brewers Digest*, 47 (1972), pp. 48-57

MR-SLADEK.CZ. Cizí chutě a vůně v pivu a jak jim předcházet I.II.III. <http://www.mr-sladek.cz> [online]. 2000 [cit. 2019-01-21]. Dostupné z: <http://www.mr-sladek.cz/rady/31-cizi-vune>

NOVÁK VEČERNÍČEK, Jaroslav. Dějiny piva: od zrození až po konec středověku. Brno: Computer Press, c2009. ISBN 9788025120194.

OLŠOVKÁ, Jana a kol. Senzorické stárnutí piva. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský. 2016. 62(9) 250-257

PELIKÁN, Miloš a Lenka SÁKOVÁ. Jakost a zpracování rostlinných produktů. České Budějovice: Jihočeská universita, 2001. ISBN 80-7040-502-3.

PIVOHRANICE. Pivo – charakteristika, druhy a členění. [Http://pivoteka-hranice.cz](http://pivoteka-hranice.cz) [online]. 2017, 24. 5. 2017 [cit. 2019-01-14]. Dostupné z: <http://pivoteka-hranice.cz/2017/05/24/pivo-charakteristika-druhy-a-cleneni/>

PIVOVARY.INFO. Pivovarské kvasnice a lidský organismus. <Http://www.pivovary.info> [online]. 2019 [cit. 2019-01-18]. Dostupné z: <http://www.pivovary.info/view.php?cisloclanku=2008030007>

RAJSKÁ, Apolena. České pivo v zahraničí nemůže mít stejnou chuť. Sputnik Vám řekne proč. <Https://cz.sputniknews.com> [online]. 2018 [cit. 2019-01-26]. Dostupné z: <https://cz.sputniknews.com/ceskarepublika/201801236641706-ceske-pivo-zahranici-chut-Sputnik/>

REICHERT, S., & Verberck, B. (2019). Diagnostics of brewing. *Nature Physics*, 15(2), 198.

SVĚT-PIVA.CZ. Typy a druhy Českého piva. <Https://www.svet-piva.cz> [online]. 2013 [cit. 2019-01-21]. Dostupné z: <https://www.svet-piva.cz/clanky-o-pivu/typy-a-druhy-ceskeho-piva.html>

VANDERHAEGEN, Bart, et al. The chemistry of beer aging—a critical review. *Food Chemistry*, 2006, 95.3: 357-381.

VOREL, Tomáš. The Best. Nejlepší světová piva a pivovary. Praha: Omega Publishing Group s.r.o., 2018, 1, 10-16, 2570993.

VYCEPNIPOHOTOVOST.CZ. SKLADOVÁNÍ PIVA. <Https://www.vycepnipohotovost.cz> [online]. 2016 [cit. 2019-01-21]. Dostupné z: <https://www.vycepnipohotovost.cz/kat/skladovani-piva/>