Sledování vybraných faktoru kvality piva během stárnutí

Daniela Malíková

Bakalářská práce
2020

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	**Daniela Malíková**
Osobní číslo:	**T17056**
Studijní program:	**B2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor:	**Chemie a technologie potravin**
Forma studia:	**Kombinovaná**
Téma práce:	**Sledování vybraných faktoru kvality piva během stárnutí**

Zásady pro vypracování

1. Základní charakteristika piva
2. Technologie výroby piva
3. Faktory ovlivňující kvalitu piva
4. Proveďte vybrané analýzy piva
5. Vyhodnoťte získané výsledky
6. Zformulujte závěry

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

Seznam doporučené literatury:

LORENCOVÁ, E., SALEK, R. N., ČERNOŠKOVÁ, I., BUŇKA, F. (2019). Evaluation of force-carbonated Czech-type lager beer quality during storage in relation to the applied type of packaging. Food Control, 106.
CABALLERO, I., BLANCO, C. A., PORRAS, M. (2012). Iso-α-acids, bitterness and loss of beer quality during storage. Trends In Food Science Technology, 26(1), 21-30.
KING, B. M., DUINEVELD, C. A. A. (1999). Changes in bitterness as beer ages naturally. Food Quality And Preference, 10(4-5), 315-324.
POSTULKOVA, M., RIVEROS-GALAN, D., CORDOVA-AGIULAR, K., ZITKOVA, K., VERACHTERT, H., DERDELINCKX, G., ET AL. (2016). Technological possibilities to prevent and suppress primary gushing of beer. Trends In Food Science Technology, 49, 64-73.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Richardos Nikolaos Salek, Ph.D.**
Ústav technologie potravin

Datum zadání bakalářské práce: **17. února 2020**
Termín odevzdání bakalářské práce: **22. května 2020**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

doc. RNDr. Iva Burešová, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 17. února 2020

PROHLÁŠENÍ AUTORA
BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne: 22.5.2020

Jméno a příjmení studenta: Daniela Malíková

…….
podpis studenta

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá změnami fyzikálně-chemických a senzorických vlastností piva. K senzorickým vlastnostem náleží barva, chuť, říz, vůně, čirost a pěnivost piva. Tyto atributy jsou přímo ovlivněny vstupními surovinami, obalem, podmínkami skladování (teplota, přístupem kyslíku, světelným účinkům) i dobou skladování. Byly sledovány vybrané faktory kvality piva u vzorků stočených do hnědých lahví. Vzorky piva mají odlišné EPM (10 %, 11 %, 11,5 %, 12 %). Pozorování změn ve stabilitě piva vlivem přirozeného stárnutí. Těmito hodnocenými ukazateli míníme čirost, obsah rozpuštěného kyslíku, hořké látky, polyfenoly, barvu, množství oxidu uhličitého, měření stability pěny a senzorické posouzení.

Klíčová slova: stárnutí piva, kvalitativní parametry, organoleptické vlastnosti

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with changes of physicochemical and sensory properties of beer. In the examined sensory properties was included color, flavor, aroma, clarity and foaminess of beer. The above-mentioned attributes are directly influenced by the applied raw materials, the packaging material properties, the storage conditions (temperature, oxygen, light) and the storage time. Selected beer quality factors were monitored for samples packaged into brown bottles. The testes beer samples have different values of extract of original wort (EOW; 10%, 11%, 11.5%, 12% all in w/w). Observation of changes in beer stability due to natural aging was monitored. These evaluated indicators were clarity, dissolved oxygen content, bitter substances, polyphenols, color, amount of carbon dioxide, measurement of foam stability and sensory assessment.

Keywords: beer ageing; quality parameters; organoleptic properties

Ráda bych tímto poděkovala Ing. Richardu Nikolaovi Salekovi, Ph.D. za cenné rady a trpělivost.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD **9**
I TEORETICKÁ ČÁST **10**
1 CHARAKTERISTIKA PIVA **11**
1.1 SLAD PRO VÝROBU PIVA 11
1.2 DRUHY SLADU 12
1.2.1 Vhodné náhrady sladu 12
1.3 VODA V PIVOVARECH 14
1.4 CHMEL 14
1.5 VÝZNAMNÉ ODRŮDY ČESKÝCH CHMELŮ 16
1.6 PIVOVARSKÉ KVASINKY 17
1.6.1 Změny morfologie kvasinek při fermentaci 18
1.7 VÝROBA 18
1.7.1 Filtrace 20
2 VÝZNAMNÉ LÁTKY SLADU **22**
3 VÝZNAMNÉ LÁTKY CHMELE **24**
4 PIVNÍ STYLY – KLASIFIKACE PIV **28**
5 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ KVALITU PIVA **31**
5.1 ROZPUŠTĚNÝ KYSLÍK 31
5.1.1 Mechanismus při oxidacích 31
5.1.2 Působení světla 31
5.2 ZÁKAL 32
5.3 KONTAMINACE 33
5.4 GUSHING PIVA 34
II PRAKTICKÁ ČÁST **35**
6 CÍLE PRÁCE **36**
7 ANALYZOVANÉ VZORKY **37**
7.1 METODIKA 45
7.1.1 Měření analytických ukazatelů fyzikální metodou 45
7.1.2 Měření obsahu polyfenolů v pivu spektrofotometrickou metodou 46
7.1.3 Stanovení hořkých látek v pivu 46
7.1.4 Měření barvy piva 47
7.1.5 Měření čirosti piva spektrofotometrickou metodou 47
7.1.6 Měření CO2 48
7.1.7 Kombinované měření CO2 a O2 v přetlačném tanku (PT) 48
7.1.8 Měření CO2 v láhvi fyzikální metodou 48
7.1.9 Měření kyslíku 49
7.1.10 Měření stability pěny piva 49

8 VÝSLEDKY MĚŘENÍ 50
8.1 FYZIKÁLNĚ CHEMICKÉ PARAMETRY SLEDOVANÝCH VZORKŮ PIVA 50
8.2 SLEDOVÁNÍ ZMĚN PIVA 10 % EPM BĚHEM SKLADOVÁNÍ 50
8.3 VÝSLEDKY FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÝCH PARAMETRŮ PIVA 50
ZÁVĚR 73
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY 74
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK 80
SEZNAM OBRÁZKŮ 81
SEZNAM TABULEK 82

ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá sledováním změn kvalitativních vlastností piva s rozdílnou stupňovitostí během skladování při dodržení vhodných skladovacích podmínek. Hodnocení těchto piv a jejich organoleptických vlastností.

Cílem práce bude sledování probíhajících změn za dodržení vhodných podmínek skladování piva a posoudit nezvratné změny způsobené stárnutím piva.

Pro výrobu kvalitního výrobku je důležité zajištění správného technologického procesu nejen při výrobě, ale i při jeho skladování tak, aby si zachoval co nejdéle své kvalitativní parametry a organoleptické vlastnosti pro které je oblíbený.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 CHARAKTERISTIKA PIVA

Pivo je pěnivý sycený a mírně alkoholický nápoj náročný na suroviny a technologické zpracování. Jeho výroba začíná správným šrotováním a pokračuje varním procesem a chmelovarem. Další významný proces je kvašení v otevřených kádích na spilce nebo v uzavřených CK (cylindro-kónických) tancích a pokračuje klidovou fází ve sklepě. Hotovým výrobkem je mírně alkoholický (3,5 - 5 obj %) nápoj lahodné, hořké chuti s přirozeným obsahem oxidu uhličitého.

V dnešní době technologie výroby piva značně pokročila, ale základní suroviny zůstaly zachovány -slad, chmel, pivovarské kvasnice a voda. Mezi nejdůležitější suroviny patří ječmen, který je vyšlechtěný pro výrobu sladu. Obsahuje vyšší množství polysacharidů, což je důležité v procesu rozluštění sladu. K tomuto zpracování se používají převážně slady z jarních ječmenů. [1]

1.1 Slad pro výrobu piva

Proces výroby sladu je prověřen dlouhou historií a patří mezi dílčí části výroby piva. Kvalitní surovinou je ječmen sladovnické jakosti s vysokou enzymatickou aktivitou, jejíž velikost udává index klíčení. Index klíčení a rychlost klíčení ukazuje na dobrý stav obilek. Vysoké hodnoty rychlosti klíčení udávají správné rozluštění sladu. Technologií klíčení a hvozdění dochází ke štěpení polysacharidů na jednodušší cukry a dochází k rozrušení bílkovin působením proteolytických enzymů. Při zvýšení obsahu bílkovin o 1 % se snižuje extraktivnost sladu o 0,8 %. S obsahem bílkovin souvisí i obsah škrobu, který se pohybuje 63-64 % v sušině. Rozštěpení bílkovin z makropeptidů na peptidy a jednotlivé volné aminokyseliny přispívá k plnosti chuti piva, podílejí se na pěnivosti, ovlivňují stabilitu pěny, koloidní zákal a aroma piva. [2]

Lipidy pocházející ze sladu mají význam při metabolismu kvasinek a inhibují vznik chuťově aktivních esterů, mohou ovšem negativně ovlivnit stabilitu pěny i chuť piva. Další složkou přecházející do sladiny ze sladu a ovlivňující vlastnosti piva jsou polyfenolové látky, které mohou působit pozitivně svým antioxidačním účinkem a oddálit stárnutí piva. Přispívají k plnosti piva a sdružují se v procesu chlazení s polypeptidy a vylučují je v podobě kalu. Sladové polyfenoly v oxidované podobě ovšem působí negativně, ovlivňují tvorbu nebiologických zákalů ve stočeném pivu a zhoršují jeho chuťové vlastnosti. [1]

1.2 Druhy sladu

Výběrem vhodného druhu sladu je možno značně ovlivnit organoleptické i technologické vlastnosti piva. Pro výrobu světlého piva je nejčastěji používaný slad plzeňského typu. Typickým znakem je nízká barva kongresní sladiny, která se pohybuje 3–4 EBC jednotky. Slad má dobrou enzymovou aktivitu a dokonalé zcukření. Dvakrát tmavší je vídeňský slad, který dosahuje hodnot 7–10 EBC jednotek a používá se pro zvýšení sytosti barvy. Pivo má pak zlatavé až rezavé tóny a plnější tělo. Je využíván pro výrobu speciálních piv. Při výrobě tmavých piv se využívají slady mnichovského typu, které mají vysokou barvu kongresní sladiny. Hodnota EBC bývá stanovena 11-17 jednotek. Typické pro tento slad je mírně pražené aroma, nižší extraktivnost a enzymatická aktivita. Výrazná úprava barvy je prováděna za použití karamelových sladů, které jsou tepelně ošetřovány při teplotách kolem 180 °C a z tohoto důvodu disponují jen velmi malou enzymovou aktivitou a nejsou schopny zcukřovat, proto se do sypání používá jen kolem 10 % sladu. Ke speciálním sladům, které se používají při vaření jen jako doplněk z důvodu specifických vlastností jsou barvící slady připravující se pražením až při 225 °C mají kávové aroma a kávově hořkou chuť. Barva dosahuje vysokých hodnot a do sypání se využívá max. 10 %. Tento slad může být přidán až po odrmutování nebo při zcezování. Melanoidní slady jsou používány pro výrobu polotmavých piv. Jedná se o tmavé slady, které dosahují hodnot EBC mezi 20 až 80. Svou tmavou barvu nezískaly pražením, ale intenzívním průběhem neenzymatických reakcí cukrů a aminokyselin. Tyto slady nemají nahořklou chuť, ale ponechávají si silnou sladovou chuť i vůni. Dodávají pivu načervenalou barvu a plnost těla. [2, 3]

1.2.1 Vhodné náhrady sladu

Při výrobě speciálních piv se zaměřením na úzkou skupinu konzumentů se mohou používat náhražky sladu. Jsou to škrobnaté obiloviny, které slouží ke zvýšení extraktu ječného sladu nebo ho mohou plně nahradit. Tyto suroviny většinou neobsahují vlastní enzymy, nemění organoleptické vlastnosti a výrazně nepodporují kvašení. Jednou ze surovin, která nahrazuje sladový ječmen je pšenice.

Pšeničný slad je vyráběn ve světlé 3-5 EBC a tmavší formě 18 EBC. Vhodnou odrůdou je pšenice setá. Pšeničný slad obsahuje vyšší množství dusíkatých i polysacharidových látek. Charakteristické pro pšeničnou sladinu je její obtížné scezování z důvodu absence pluch, proto se používá do 80 %. Při výrobě enzymově chudých piv je možno využít diastatický

slad, který má vysokou enzymovou aktivitu a tím zaručí dobré štěpení sacharidů. Varní výtěžek extraktu je hlavním atributem pivovarů. [1]

Piva vyrobená z pšeničných sladů mají typický silný zákal, stabilní smetanovou pěnu, chuť a vůni po banánech. Tento pivní styl najdeme především v německy mluvících zemích. Pro piva belgického typu se přidává ke sladové pšenici i velká část nesladové pšenice tyto piva vykazují mírně kyselou chuť aroma koriandru a vůni po pomerančích. [4, 5, 6]

Žitný slad se používá jako doplněk k běžným sladům. Jeho předností je nízká cena. Mazovatění škrobu se odehrává při nízkých teplotách 55°C, tím dochází ke kratší době zcukření. Problémy vznikají až při scezování. Ty jsou způsobeny velkým množstvím arabinoxylanů a β-glukanů. Barva u žitného piva je světlá (6 EBC), proto se zvyšuje dobarvováním karamelem a jeho chuť bývá trochu hrubší. Žitné pivo je tradičně německý, především bavorský pivní styl, který se nikdy příliš nerozšířil mimo oblast svého vzniku. [6,7]

Nejvíce používanou surovinou pro výrobu piva je rýže (Oryza sativa). Důležité je zvolit vhodný druh (Oryza sativa japonica). Preferovaný je především pro nízký obsah lipidů, bílkovin a vysoký obsah škrobu až 70 % v sušině. Dodává se v podobě šrotu, vloček, mouky nebo extrudované formě. Mazovatění probíhá při teplotách 68°C. Absence prolaminů v surovině je příznivá pro výrobu bezlepkového piva. Nízký obsah bílkovin ovšem vytváří problémy při kvašení a dochází ke změně senzorického profilu. [8]

Alternativní surovinou nahrazující slad je i kukuřice. Základ využití pro pivovarnictví pramení v Africe a Americe. Využívá se v podobě šrotu, vloček, škrobu nebo sirupu. Velkou nevýhodou kukuřice je dosažení mazovatění až při vysokých teplotách (100°C). S rozvojem enzymatických preparátů, které jsou přidávány pro lepší rozluštění se zvýšil i podíl kukuřičných piv. [9]

Použití ovsa je další, ale ne příliš vhodnou náhražkou za slad. K jeho užití v pivovarnictví se přistoupilo dříve z důvodu nedostatku jiných vhodnějších obilovin. Oves má poměrně malý podíl škrobu 46-66 %, který závisí na ročníku sklizně a velký podíl tuku a vysoký obsah bílkovin, což způsobuje velké technologické problémy na varně, zhoršení filtrovatelnosti a špatnou stabilitu pěny. [10]

1.3 Voda v pivovarech

Při výrobě piva se použitá voda zásadně podílí na profilu piva. Nevhodné složení varní vody může ovlivnit celý varní proces, způsobit poruchy kvašení, což může mít nežádoucí vliv na senzorický charakter piva. Voda používaná k přípravě mladiny z vlastních zdrojů musí splňovat parametry pitné vody, proto se voda upravuje a ošetřuje, což způsobuje změny v chemickém složení spodních vod. Podzemní voda je bohatá na minerální látky (Fe, Mg, Mn…) a proto vykazuje vysokou tvrdost vody a obsahuje i rozpuštěný CO2. Ten se odstraní intenzivním provzdušněním nebo přídavkem Ca (OH)2. Minerální látky se odstraňují vysrážením, kdy dojde k převedení na Fe(OH)3 a MnO2 nebo se používá filtrace přes aktivní písky. K zajištění mikrobiální nezávadnosti je nejčastěji používáno chlorování, ozónování, působení UV světla a aplikace (ClO2). Většina pivovarů volí méně náročnou údržbu vody, která se promítá i do vstupních nákladů a raději používají vodovodní vodu.

Všechny procesy probíhající během výroby piva jsou ovlivněny složením minerálních látek obsažených ve vodě. Voda ovlivňuje pH sladiny i mladiny. Minerální látky obsažené ve vodě jako vápenaté ionty s hořčíkem se podílí na hodnotách pH a způsobují tvrdost vody. Ionty vápníku, ale ovlivňují i aktivitu α-amylázu, podporuje sedimentaci kvasinek a vznik chladového zákalu. Hořčík stimuluje aktivitu enzymů při kvašení. Jejich nadbytek by ale mohl způsobovat technické problémy jako zanášení varního zařízení a zvýšení energií. Ionty železa mohou způsobovat technologické problémy i senzorické vady. Jejich vysoká koncentrace může urychlovat degeneraci kvasinek, železo má vliv i na kvašení a může přecházet do piva a přibarvovat pěnu. Z vody se mohou do piva převést ionty NO3-, které mohou působením mikroorganismů přejít na NO2- a ty mohou reagovat se sekundárními aminy přítomnými ve sladině a mohou dále reagovat za vniku nitrosaminů, které jsou zkoumány pro svůj karcinogenní účinek. [12, 3, 1]

1.4 Chmel

Rostlina *Humulus lupulus L.* (chmel otáčivý) je vytrvalá rostlina, řazená do čeledi konopovitých (*Cannabaceae*), ale výsledky pokusů ukazují i na příbuznost k čeledi kopřivovitých (*Urticeae*). Tato rostlina disponuje velkou skladbou přírodních látek, významných pro vaření piva [13]

Pěstují se pouze samičí rostliny. Kvalita chmele se hodnotí již během sklizně, ale také při zpracování i v průběhu skladování a před dodáním odběratelům. Při zpracování se sleduje vlhkost, obsah příměsí a množství α–hořkých kyselin (humulon, kohumulon, adhumulon,

posthumulon, prehumulon). Obsah α-kyselin je značně proměnlivý a závisí na mnoha přírodních faktorech. Velké pivovary požadují i deklarování obsahu reziduí pesticidů, těžkých kovů, mykotoxinů atd.

Dalším hodnocením jakosti chmele jsou kvalitativní ukazatelé odrůdové čistoty, tj. obsah a složení chmelových silic, prenylflavonoidů a polyfenolů. Obsah polyfenolových látek je specifický pro určité odrůdy chmele, i když důležitým faktorem jsou klimatické podmínky a ročník sklizně. Polyfenolové látky se vytváří v raných stadiích růstu a jsou obsaženy více v aromatických odrůdách chmele než u odrůdy hořkých chmelů. Polyfenolové látky obsažené v chmelu významně ovlivňují kvalitu piva, jeho koloidní i senzorickou stabilitu. Jsou diverzifikované na flavonoly, katechiny (flavan-3-oly, fenolické karboxylové kyseliny (deriváty kys. benzoové, skořicové atd.) a fenolové sloučeniny (prenylflavonoidy, stilbenoidy). Pro svůj obsah bioaktivních látek se stal předmětem lékařských a farmaceutických studií. Množství polyfenolových látek působí jako antioxidanty s preventivními účinky civilizačních chorob, ovlivňují kardiovaskulární systém a některé formy působí antimikrobiálně. [14]

U nás je pěstován ve třech významných oblastech Tršicko, Žatecko, Úštěcko. Používá se dnes v pivovarnictví ve formě granulí nebo chmelového extraktu. Jeho složení závisí na odrůdě a sklizni. K základním složkám chmele patří chmelové silice, polyfenolové látky a pryskyřice. Chmel dává pivu aroma a hořkou chuť, kterou vytváří především chmelové pryskyřice obsahující α-hořké kyseliny a β-hořké kyseliny. Nejvýznamnější pro chuť piva jsou α-hořké kyseliny. Chmelové silice jsou látky terpenického charakteru a vytváří aroma chmele. Během chmelovaru snadno těkají, a proto se přidávají až úplně v poslední fázi chmelovaru. I přes vysoké ztráty během výroby je pivo zdrojem prenylflavonoidů, což zvyšuje jeho nutriční hodnotu. [15, 16]

Pro získání intenzívní chuti a aroma se může chmelový granulát doplnit chmelovými izoextrakty. Izoextrakty jsou vysoce účinné chmelové výrobky, které vznikají chemickou cestou a je dosaženo částečné nebo úplné izomerace α-hořkých kyselin na iso-α-hořké kyseliny s vysokou hořkostí.[17]

1.5 Významné odrůdy českých chmelů

Pro vyváženou harmonii chuti piva je důležitý výběr vhodného druhu chmele. Většinou je použit soubor několika chmelů, které se vhodně doplňují a vytváří spolu charakteristickou chuť piva. Nejvíce u nás využívaný je jemně aromatický Žatecký poloraný červeňák (ŽPČ), aromatický Sládek, Sybilla a hořké chmely Premiant, Harmonia a odrůda Kazbek a Angus.

Odrůda Žatecký poloraný červeňák (ŽPČ): jemný aromatický chmel, zaručující vyváženou chuť a vůni piva. Světově vyhlášený standard kvality chmele. Raná odrůda s nižším výnosem. Průměrný obsah alfa hořkých látek je 3,5 %. Chmelové pryskyřice jsou nositeli hořkosti. Chmelové silice obsahují myrcen, humulen, karyofylen, farnesen typický pouze pro žatecký chmel. Vyšší cena nutí pivovary k diferencovanému dávkování s potřebou alespoň částečné náhrady. Vhodnou kombinací je možné dosáhnout požadované hořkosti a příjemného chmelového aroma. Tato odrůda obsahuje 36,7 mg/g, což je nejvyšší množství polyfenolových sloučenin. [18,19, 20]

Odrůda Sládek: aromatický chmel se znamenitým vlivem na vyváženou hořkost a příjemné chmelové aroma v pivu. Pozdní odrůda s vyšším výnosem. Průměrný obsah alfa kyselin je 5-6 % a dodá více hořkých látek do piva. Konečná chuť a aroma piva jsou typicky chmelové. Pivovarské testy ukazují, že odrůda Sládek není schopna zcela nahradit Žatecký poloraný červeňák, ale obě tyto odrůdy se vzájemně doplňují při výrobě vysoce kvalitních ležáckých piv. Zjištěné množství polyfenolových látek je nižší než u ŽPČ 23,4mg/g. [20, 21]

Odrůda Premiant: odrůda s příjemným chmelovým aroma a vyšší hořkostí. Pozdní odrůda s vysokým výnosem. Průměrná hodnota alfa kyseliny je 7,5 %. Pro vyšší obsah alfa hořkých kyselin a neutrální aroma je řazen do skupiny chmelů dvojího použití. Užitím této odrůdy při chmelení piva se dosahuje neutrální hořkosti. Nezanechává nepříjemnou ulpívající hořkost v ústech po napití piva. Pro tuto vlastnost je velice oblíbená. Premiant jeho hodnoty polyfenolů jsou 26,4mg/g. [20, 22]

Kazbek: aromatická odrůda je charakteristická citrusovým aroma a doporučuje se pro druhé chmelení a chmelení za studena. Využití našla i u piv IPA.V hodnocení celkových polyfenolů obsahuje 32,2mg/g. [20, 23]

Tabulka 1 Přehled odrůd českých chmelů.

Variety	Saaz	Saaz Late	Sládek	Kazbek	Bohemie	Harmonie	Bor	Premiant	Rubín	Agnus	Vital
Chmelové pryskyřice											
Celkové chmelové pryskyřice (%w/w)	13 - 20	15 - 22	17 - 24	17 - 22	22 - 26	22 - 26	18 - 25	19 - 25	22 - 27	26 - 32	25 - 30
Alfa kyseliny (%w/w)	2,5 - 4,5	3,5 - 6,0	4,5 - 8,0	5,0 - 8,0	5,0 - 8,0	5,0 - 8,0	6,0 - 9,0	7,0 - 10,0	9,0 - 12,0	9,0 - 12,0	12,0 - 16,0
Beta kyseliny (%w/w)	4,0 - 6,0	4,0 - 6,5	4,0 - 7,0	4,0 - 6,0	6,0 - 9,0	5,0 - 8,0	3,0 - 5,5	3,5 - 5,5	3,5 - 5,0	4,0 - 6,5	6,0 - 10,0
Poměr alpha/beta kyselin	0,6 - 1,0	0,8 - 1,0	0,7 - 1,3	0,9 - 1,5	0,8 - 1,0	0,8 - 1,2	1,6 - 2,3	1,7 - 2,3	2,5 - 3,2	1,9 - 2,6	1,6 - 2,1
Cohumulone (%rel.)	23 - 26	20 - 25	23 - 30	35 - 40	23 - 26	17 - 21	22 - 27	18 - 23	25 - 33	29 - 38	21 - 26
Colupulone (%rel.)	39 - 43	39 - 43	44 - 50	57 - 62	40 - 45	35 - 40	43 - 48	39 - 44	45 - 52	51 - 59	45 - 50
Polyfenolové látky											
Celkové polyfenolové látky (%w/w)	5,5 - 7,0	5,0 - 6,0	3,5 - 5,0	3,5 - 4,5	3,5 - 4,5	3,5 - 4,5	3,5 - 5,0	4,0 - 5,0	3,0 - 4,5	4,0 - 5,5	3,5 - 4,5
Xanthohumol (%w/w)	0,3 - ,05	0,3 - 0,5	0,5 - 0,75	0,3 - 0,45	0,5 - 0,75	0,4 - 0,7	0,4 - 0,6	0,3 - 0,5	0,45 - 0,75	0,7 - 1,1	0,7 - 1,0
DMX (%w/w)	0,05 - 0,12	0,07 - 0,12	0,1 - 0,2	0,1 - 0,2	0,1 - 0,2	0,1 - 0,15	0,08 - 0,16	0,07 - 0,15	0,05 - 0,1	0,1 - 0,2	0,25 - 0,4
Chmelové aromatické oleje											
Celkové oleje (g/100g)	0,4 - 0,8	0,5 - 1,0	1,0 - 2,0	0,9 - 1,8	1,0 - 1,5	1,0 - 2,0	1,2 - 2,0	1,0 - 2,0	1,0 - 2,0	2,0 - 3,0	1,5 - 2,5
Myrcene (% rel.)	25 - 40	25 - 35	35 - 50	40 - 55	30 - 45	30 - 45	40 - 55	30 - 45	30 - 45	40 - 55	40 - 60
Caryophelyne (%rel.)	6 - 9	6 - 9	8 - 13	10 - 15	7 - 70	6 - 11	9 - 14	9 - 13	7 - 10	9 - 15	5 - 8
Humulene (% rel.)	15 - 30	15 - 25	20 - 40	20 - 35	17 - 23	15 - 25	25 - 40	25 - 40	15 - 25	15- 25	2 - 5
Farnesene (%rel.)	14 - 20	15 - 20	< 1,0	< 1,0	1 - 3	< 1 ,0	< 1,0	1 - 3	< 1,0	< 1,0	1 - 3
Apha and beta selinene (% rel.)	0,5 - 1,5	3 - 5	0,5 - 1,5	1- 3	6 - 12	10 - 19	1 - 2	1 - 2	10 - 17	1 - 3	7 - 15

1.6 Pivovarské kvasinky

Pro zajištění fermentačního procesu se využívají kvasničné kultury pro svrchní kvašení druh *Saccharomyces cerevisiae,* který zkvašuje rafinózu jen z jedné třetiny, protože disponuje pouze β-fruktofuranosidázou, která štěpí rafinózu na melibiózu a fruktózu a zkvašuje pouze odštěpenou fruktózu. Pro *Sacharomyces cerevisiae* je typické vynášení kvasinek do tzv. kvasné deky. Kvašení probíhá za vyšších teplot až do 25°C. Při teplotách pod 10 °C se zastavuje růst a rozmnožování kvasinek. Délka kvašení je o 60% kratší než u spodně kvašených piv. [24]

Pro spodní kvašení mladiny se uplatňuje druh *Saccharomyces pastorianus* jehož genetická dispozice je navíc obohacena o α - galaktosidázu, která štěpí vazby melibiózy mezi glukózou a galaktózou. *Saccharomyces pastorianus* představuje hybrid s genetickou dispozicí *Saccharomyces cerevisiae* a *Saccharomyces bayanus*. Tyto kvasinky zkvašují všechny tři monosacharidy. V konečné fázi se kvasinky flokulují a sedimentují na dno kvasných kádí. Pro tento kmen jsou optimální teploty růstu na spilce 6 až 8 °C po dobu 5 až 7 dní ustává při teplotě 0°C. Zákvasná dávka se dávkuje do provzdušněné mladiny a tím je zajištěna rychlá a správná fermentace. V současné době je k fermentačním pochodům využíváno 9 platných

druhů rodu Saccharomyces (např. S. cerevisiae, S. uvarum, S. paradoxuss, S.bayanus, S. pastorianus). [25, 26, 27]

1.6.1 Změny morfologie kvasinek při fermentaci

Opakované nasazování kvasničné kultury je běžnou praxí pivovarů. Jako možné riziko mohou být změny viability a vitality i anti-autolytické schopnosti. Buněčné stěny kvasinek se po několika nasazování při kvašení mohou ztenčovat a dochází k vylití intracelulárních tekutin.[28]

Nízké provzdušnění mladiny je dalším faktorem ovlivňující stav buněk. Kvasinky s respiračním deficitem tvoří malé buňky, které mohou vytvářet různé mutace. Vysoké množství malých netypických buněk přispívá k nežádoucím chutím a změnou při flokulaci kvasnic. Dochází ke vzniku diketonů, acetátových esterů.[29]

Senzorika piva je do značné míry ovlivněna fermentací a použitým kmenem pivovarských kvasnic. Při kvašení vznikají aromatické alkoholy (guajakol, 4 -vinylguajakol, 4 -etylgluajakol, 2-fenyletanol, 2 -etylfenol, eugenol, tryptofol a tyrosol), které jsou žádoucí u svrchně kvašených piv. U spodně kvašených piv jsou vysoké koncentrace těchto sloučenin nežádoucí a lze je považovat za ukazatel kontaminace.[30]

Kontaminace kvasničných kultur vyvolává velké nebezpečí. Riziko představují amylolytické kvasinky (*Saccharomyces diastaticus*) pro které je typická aktivita glukoamylázy. Zkvašují dextriny a mohou způsobovat přepěňování obalů s možností exploze obalu. Obsah dextrinů v pivu ovlivňují vnímání plnosti piva. Dalším znakem je zákal a možnost tvorby fenolových a medicinálních chutí. [31]

1.7 Výroba

Proces výroby piva začíná mechanickým zešrotováním sladu, který ovlivňuje celý proces rmutování, scezování a vyslazování. Šrotování sladu je prováděno bezprostředně před vařením, tím je zabráněno oxidaci, stárnutí a vlhnutí endospermu a případné tvorbě plísní. Varní výtěžek závisí na mnoha faktorech jako na rozluštění sladu, kvalitě šrotování dodržováním technologického postupu.

Po zešrotování sladu je slad vysypán do vystírací pánve, kde je již připravena voda zahřátá na vystírací teplotu 37 °C. Vzniklá směs vody a sladu se nazývá vystírka, poté dochází ke zvýšení teploty na 52 °C a vznik zapářky. K vaření piva jsou využívány dva zásadní způsoby vaření. Malé pivovary většinou využívají infuzní rmutování, u kterého se využívá jeden

varní kotel a varní teploty se nastavují podle technologického postupu. Tento způsob je poměrně jednoduchý, ale ne moc efektivní. Po provaření se dosahuje světlejší barvy sladiny a méně intenzivní chuti. Je využíván pro výrobu speciálních piv a piva s nižším obsahem alkoholu. [3]

Větší pivovary využívají dekokční způsob vaření, což umožňuje používat více varních nádob a tím i pracovat s většími objemy. Po zapářce se oddělí část díla, která se převede do rmutovací pánve a dojde k dalšímu zpracování za zvýšení teploty. Rmut se krátce povaří, během procesu dojde k uvolněni a zmazovatění škrobu a zničení enzymů. Poté se vrací zpět do vystírací pánve. Tímto postupem se řídí dvourmutová technologie i třírmutová technologie. Cílem celého varního procesu je převést co nejvíce extraktivních látek sladu do roztoku, aby docházelo k rychlému kvašení. Získaný roztok se nazývá sladina, která se od zbytků sladu odstraní scezováním. Scezování má dva kroky scezení tzv. předku, kdy se využije zbytků sladu jako filtrační vrstvy a extrahovaný roztok se přes ni oddělí. Dalším krokem je vyslazování, při kterém dojde k dokonalému promytí filtrační vrstvy, která se nazývá mláto. Mláto je většinou využíváno pro krmení hospodářských zvířat.

Získaná sladina se přečerpá do mladinové pánve, kde proběhne chmelovar. Při chmelovaru dochází k důležitým změnám jako je sterilace a inaktivace všech enzymů, koagulace bílkovin a vznik kalů, zvýšení barvy, tvorba redukujících látek, produktů tepelného rozkladu a reakce účinných složek chmele. Odpaření přebytečné vody z vyslazování během chmelovar u moderních varen probíhá přibližně 60 až 120 min. Nejdříve je dávkován chmelový extrakt a potom ve dvou až třech dávkách chmelové granule. Při složených skladbách chmele je první přidána dávka hořkých chmelů a před koncem chmelovaru je dávkován chmel aromatický. [32]

Ukončením chmelovaru je proces na varně skončen a mladina se připravuje na zakvašení.

Nejprve se mladina zbaví kalů, které vznikly vysrážením při chmelovaru. Kaly obsahují bílkoviny, mastné kyseliny (MK), polyfenoly a hořké látky. Mladinové kaly musí být co nejlépe odděleny, protože lepí buněčné membrány kvasinek, které hůře metabolizují a rychleji odumírají. K oddělení kalů slouží vířivá káď, kde za pomoci rotace mladiny dochází k oddělení kalů. Čirá mladina je zchlazena a provzdušněna na optimální hodnotu, poté je zakvašena a přečerpána do kvasné kádě na spilku nebo do CK tanku (cylindro-kónický tank).

Po zakvašení začíná probíhat fermentace za nízkých teplot (8-10 °C) pro spodní kvašení, nebo za vysokých teplot (10-25 °C) pro svrchní kvašení. Častou příčinou nesprávné

fermentace je kontaminace mladiny nebo kultury kvasnic, proto je důležité dodržování správné výrobní a hygienické praxe. [33]

Kvašení probíhá v otevřených spilkách nebo CK tancích. Při tradičním technologickém postupu je délka kvašení pro 10% pivo 5-8 dní a pro 12% pivo 7-10 dní. Délku lze ovlivnit úpravou teplot, které by neměly překročit 10,5°C. Během kvašení dochází k přeměně zkvasitelných cukrů (glukózy, maltózy, maltotrioźy) na etanol a CO_2, současně se vytváří malé množství doprovodných látek jako alifatické alkoholy, aldehydy, ketony, masné kyseliny a estery. Tyto látky vytváří aroma a chuť piva. Po zakvašení přichází fáze zaprašování, objevuje se první bílá pěna tzv. deka, což je známka začínajícího fermentačního procesu. Následně dochází k odrážení, což je proces, při kterém dochází k zhoustnutí pěny, která je vytlačována do středu kádě. Kvasné deky se sbírají, aby nedocházelo k propadu a tím ke zhoršení kvality piva v důsledku usazování vysrážených látek. Ukazatelem nejintenzivnějšího kvašení jsou nízké bílé kroužky, které mají podobu husté bílé pěny. Posledním stádiem jsou vysoké hnědé kroužky, kdy dochází k poklesu pH vlivem kvašení a vysrážení chmelových tříslo-bílkovinových sloučenin. Na konci hlavního kvašení kvasnice sedimentuji na dno kvasné kádě a po stažení piva se sbírají, properou a připravují na další použití. Dalším typem je jednofázové kvašení. Hlavní kvašení i dokvašování probíhá v jedné nádobě. K tomu jsou určeny tzv. CK-tanky.

K dokvašení a zrání piva slouží ležácké sklepy. Teplota se zde pohybuje od 1 do 3°C. Pivo zde prochází poslední fází kvašení, kdy se pivo čiří a zbytek kvasinek se ze vznosu usazuje na dně tanku. Dochází k sycení piva CO_2. Doba ležení u piva se odvíjí od stupňovitosti a pohybuje se v rozmezí 30-60 dnů u 10 % a 40-65 dnů u 12% piva. U speciálních piv to může být i 90 dní. [34]

1.7.1 Filtrace

Pivo před filtrací obsahuje množství kvasinek. Cílem je jejich nejnižší podíl a také velké množství koloidních částic tvořených z 96 % polysacharidy, 2 % bílkovin, 0,3 % polyfenolů.

Pro zvýšení trvanlivosti a lepší stabilizaci piva používá většina pivovarů filtraci. Filtrační stanice zbaví pivo kvasinek a některých vysrážených látek vzniklých během chmelovaru. Nejdůležitější část je porézní filtrační přepážka a filtrační materiál. Nejpoužívanější filtrační metodou filtrace piva je křemelinová filtrace. Velkým kladem křemeliny je její inertnost k pivu a vysoká porozivita. Její nevýhodou je ovšem jednorázové použití, které se promítá do nákladů, její následná likvidace a limitované zdroje, které nejsou neomezené. Na

vzestupu je, proto membránová filtrace, která je z hlediska ekologie šetrnější, protože odpadá odstranění použité křemeliny a je vysoce účinná. Její nevýhodou je vysoká pořizovací cena. Je tvořena převážně plastovými materiály např. polyethersulfon, nylon a polypropylen. Na těchto filtrech se zachycují mikroorganismy, aniž by se změnil charakter piva. [35]

Filtrace se rozdělují podle velikosti průchodných částic na standardní filtrace (1000-10000 nm), mikrofiltrace, ultrafiltrace, nanofiltrace a reverzní osmóza. Částice, které jsou z piva při filtraci oddělovány jsou mikroorganismy a zákalotvorné látky jako polyfenoly, bílkoviny a další. Kalové částice jsou zachycovány na filtračním materiálu jako první a největší částice na povrchu přepážky. Menší částice se zachytí v pórech a nejmenší jsou adsorbovány na vnitřní stěny pórů, kde se uplatňují elektrostatické interakce. Koloidní částice jako polyproteiny se jen částečně zachytí a většina prochází filtrací. Při filtraci přes křemelinový filtr dochází k zanášení pórů a později ke snížení průtoku a ucpání pórů až ukončení filtrace. Vysoký odpor filtrační vrstvy způsobují částice hořkých látek, které nebyly odstraněny v průběhu kvašení. Studiemi Steward a kol. z roku 1998 a Jin a kol. z roku 2004 bylo prokázáno, že vliv na filtrovatelnost piva mají β-glukany více podle molekulové hmotnosti než jejich celkové množství. Bylo prokázáno, že nejvýznamnější vliv mají β-glukany na membránovou filtraci, kde se prokázalo zhoršení filtrace o 40 % než u filtrace křemelinové. [36, 37, 38]

Po filtraci je pivo uchováno v přetlačném tanku. Teplota piva je asi 4-6°C. Pivo je skladováno za běžného atmosferického tlaku bez přístupu O_2. Následně je stáčeno do distribučních obalů (láhve, plechovky, PET-láhve, KEG-sudy).

2 VÝZNAMNÉ LÁTKY SLADU

Ječmen je surovinou jejíž složení se mění v závislosti na ročníku sklizně, srážkách a na složení půdy, tímto je ovlivněna i výroba sladu. Významné látky ze sladu potom působí i na výrobu piva.

Vlhkost: U světlých sladů je vlhkost 3,5 % u tmavých sladů činí asi 2 %. Vyšší vlhkost snižuje extraktivnost, může podporovat rozmnožování mikrobiální kontaminace, proto by vlhkost neměla přesáhnout 6 %. [1]

Polysacharidové složky: Jejich představitelem je škrob 58-60 %. V sušině je nejzastoupenější složkou sladu. Je obsažen v endospermu ve formě škrobových zrn. Degradace škrobových zrn může být ovlivněna vysokým obsahem dusíkatých látek, které mohou zrno s neškrobovými sacharidy obalit a tím znemožní rozrušení amylolytickými enzymy. Škrobová zrna tvoří amylóza a amylopektin. Vyskytují se jako velká a malá, která jsou hůře degradovatelná.

Neškrobové polysacharidy: Hemicelulózy (amylan), β-glukan vysokomolekulární polysacharid obilných gum je obsažen v obilných stěnách a z technologického hlediska je žádoucí jeho co největší štěpení. Jejich obsah ve sladu je nepřímo úměrný rozluštění sadu. Jejích zvýšený obsah je nežádoucí, neboť způsobuje nízký varní výtěžek. Ovlivňuje viskozitu sladiny a proces scezování, pH sladiny, čiření piva při kvašení a způsobuje nebiologické zákaly. Pentózany (arabinoxylany) podíl arabinoxylanů je v obilce 4-10 % nachází se především ve stěnách škrobových zrn. Jsou součástí pěnotvorných složek. [1,3,40]

Dusíkaté látky: Jejich optimální množství se pohybuje mezi 10,5 %-11,7 %.

Složené: fosfoproteiny. lipoproteiny, glykoproteiny. Složené proteiny doprovází jednoduché proteiny jako albuminy, globuliny, prolaminy, gluteliny.

Albuminy: Bílkoviny rozpustné ve vodě a roztocích solí. Při vaření se vysráží nejznámější leukosin.

Globuliny: Rozpustné v roztocích solí, ne ve vodě. Sráží se až při teplotách 90°C. V zastoupení globulinů je nejdůležitější β- globulin, který má nízký izoelektrický bod pH 4,9 a ve své struktuře obsahuje cistein, který se může podílet na tvorbě nebiologického zákalu piva.

Prolamin: Nerozpustný ve vodě ani v roztocích solí. Ječný prolamin hordein – při rmutování se enzymovými reakcemi uvolní krátké části prolaminu, které částečně přejdou do roztoku. Delší frakce přechází do mláta. Štěpy obsahují množství cysteinu a cystinu, který zapřítomnosti kyslíku vytváří vazby se sírou, tzv. disulfidové můstky. Tím se zmenšuje enzymatická účinnost při rmutování a ztráty extraktu. Při scezování dochází k prodlevám. Hordein také vyvolává problémy u nemocných lidí s celiakií.

Gluteliny: jsou součástí buněčných stěn, ve vodných roztocích jsou nerozpustné. Mají hydrofobní vlastnosti, což jim umožňuje navázání lipidů, β- glukanů a pentozanů. Tyto proteiny tvoří vazby s jinými sloučeninami a zhoršují technologii scezování. Vylučují se s mlátem. Malé množství bílkovin obsahuje i malé množství enzymů. Piva z těchto sladů mají nízkou stabilitu pěny, málo pění a jsou bez řízu a prázdná. [40, 41]

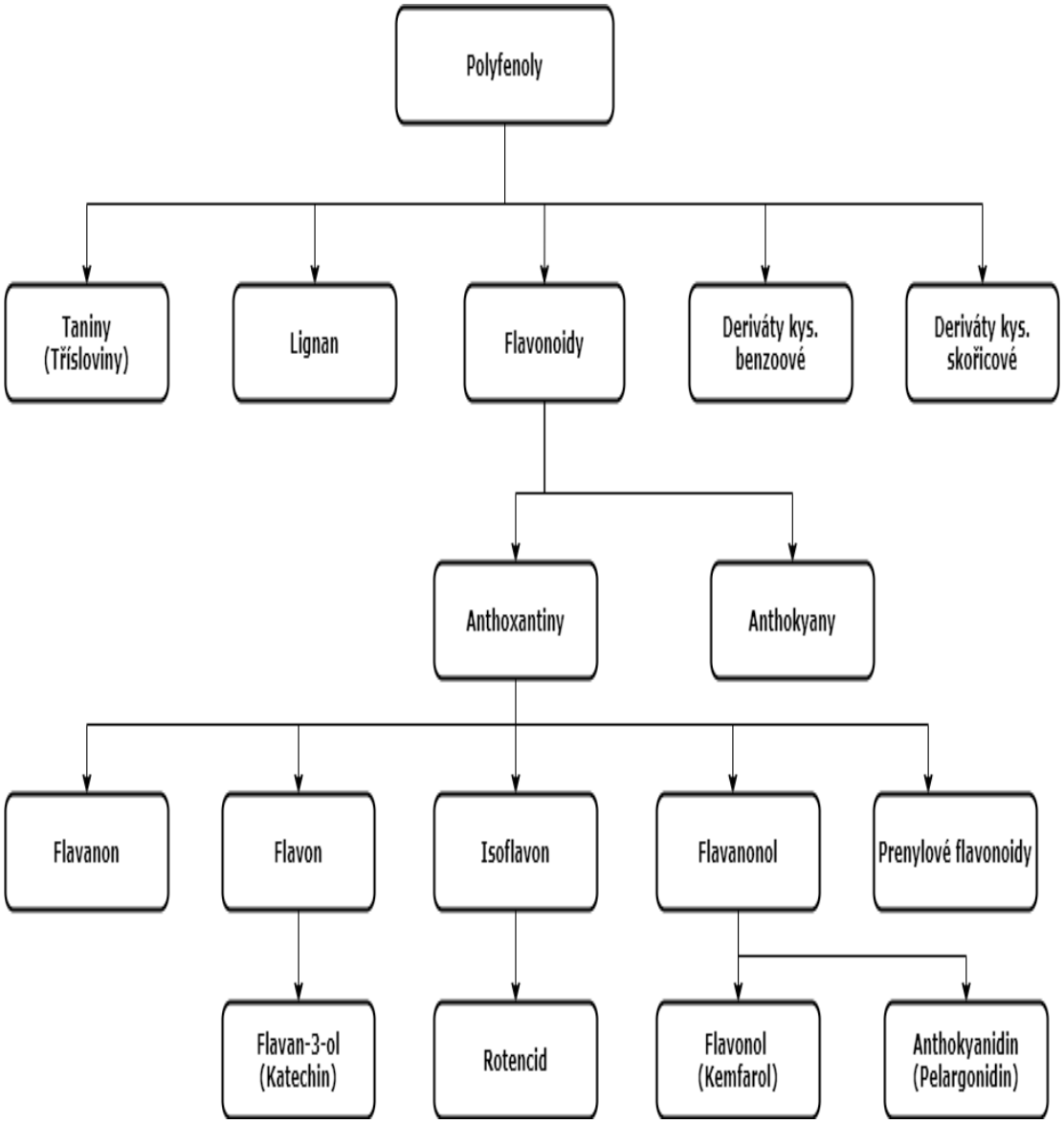
Lipidy: Obsah lipidů ve sladu činí 4,5 % v sušině sladu. Nacházející se v zastoupení mastných kyselin, acylglyceroly, fosfolipidy, lipopolysacharidy, lipoproteiny, steroly. V pivu objevující se lipidy pochází především ze sladu. Zastoupení tuků v obilce je nejvyšší v aleuronové vrstvě a zárodku v endospermu. To činí asi 18 % a v pluchách 10 %. Tuk příznivě ovlivňují metabolismus kvasinek a potlačuje chuťově aktivní estery, ovšem snižuje stabilitu pěny. [41]

Polyfenoly sladu: Můžeme je nalézt v endospermu a aleuronové vrstvě. Ze sladového šrotu se uvolní sloučeniny polyfenolových látek při rozpouštění extraktu na začátku vaření, jejich zastoupení je dáno kvalitou sladu. Protože sladové polyfenoly přechází do sladiny již dříve a jsou déle vystaveny oxidačním reakcím podléhají více změnám než chmelové polyfenoly. Jsou schopny se spojovat s polypeptidy a vylučovat je v podobě kalů při chlazení mladiny a tím přispívají ke zvýšení stability piva. Negativní účinky polyfenolů se projevují při výskytu jejich oxidovaných forem, protože mají schopnost zvyšovat barvu sladiny, mladiny i piva, přispívat k nebiologickým zákalům a mají vliv na chuťové vlastnosti piva. [4]

3 VÝZNAMNÉ LÁTKY CHMELE

Polyfenolové látky chmele jsou vysoce technologicky významné pro výrobu piva. Mají vliv na koloidní i senzorickou stálost. Sekundární metabolity uložené v listech a vřetenu chmelové hlávky jsou vylučovány z lupinových žláz spolu s hořkými kyselinami a silicemi. Chmelové polyfenoly jsou v pivu zastoupené v menším množství (20-30 %) než sladové polyfenoly a působí jako antioxidanty. V rostlině omezují před oxidací chmelové pryskyřice. Podporují čiření piva vylučováním kalů z mladiny. Oddalují tvorbu nebiologických zákalů. Jsou známé i jejich antibakteriální vlastnosti. Chmelové polyfenoly představují hlavně skupinu flavonoidů, jež se dělí na flavonoly, katechiny (flavan -3-olů). Polyfenolové látky zastupují i skupiny fenolických karboxylových kyselin (skořicová, benzoová kyselina) a jiné fenolické sloučeniny (stilbenoidy, prenylflavonoidy). [3, 42, 43]

Katechiny (proanthokyanidiny) tvoří 3-6 % v sušině. Monomerní sloučeniny vznikají samovolně během stárnutí působením světla, O2 a tepla. Fenolové kyseliny hydroxyderiváty odvozené od kyseliny benzoové, kávové, skořicové, kumarové. Estery kávové s kyselinou chinonovou, které oxidují na chinony a ty se zúčastňují reakci hnědnutí mladiny a piva. Prenylované flavonoidy tvoří přechod mezi polyfenoly a chmelovými pryskyřicemi. V rostlině slouží jako fytoestrogeny, stárnutím chmele jejich koncentrace klesá. Podléhají izomeracím za vzniku látek xanthohumol, isoxanthohumol. [3]



Obrázek 1 Dělení polyfenolových sloučenin.

Chmelové pryskyřice: Jsou deriváty floroglucinolu jejíž obsah tvoří 30 %hmotnosti. Chmelové pryskyřice se rozdělují na měkké, reprezentují je α- hořké látky a β- hořké látky, pak nespecifické měkké pryskyřice a tvrdé pryskyřice.

α- hořké kyseliny: Jsou chemicky nestálé a citlivé k oxidačním změnám, které mohou způsobovat přeměnu na nespecifické až tvrdé pryskyřice. Za podmínek technologických úprav podléhají oxidaci, izomeraci nebo může docházet i k transformaci postranních řetězců. α-hořké kyseliny jsou vytvářeny směsí sedmi obdobných humulonů např. (humulon 35-70 %, kohumulon 20-55 %, adhumulon 10-15 %, prehumulon 1-10 %, posthumulon, adprehumulon). Jejich zastoupení je dáno odrůdou, ročníkovou sklizní a dalšími faktory. Ve

sladině při chmelovaru z α-hořkých kyselin vznikají izomerací iso-α-hořké kyseliny, které vytvářejí hořkost až z 85 %. Jejich rozpustnost je ovlivněna hodnotou pH. Při izomeraci vznikají formy -cis a -trans, na jejíž konfiguraci mají vliv technologické podmínky (teplota, pH, světlo, MgO).

Cis-izomery: Jsou stabilnější než trans forma, která se během výroby a skladování snižuje. β-hořké kyseliny jsou v chmelu zastoupeny v množství 3-5 %. Vytváří je spousta analogů jako například lupulon 30-55 %, kolupulon 20-55 %, adlupulon 5-10 %, prelupulon 1-3 %, postlupulon. Tyto látky mají slabou esterovou vůni a nahořklou chuť. Snadno podléhají oxidativní izomeraci a odštěpování postranních řetězců.[3]

Podíl na hořkosti piva je u β-hořkých kyselin výrazně nižší než u α-hořkých kyselin. Doplňují pouze intenzitu a dotváří charakter piva. Nejvýznamnější přeměnou jsou produkty hulupony, které vznikají až v postskliňovém období, kdy se jejich množství zvýší následkem oxidačních procesů. Tvrdé pryskyřice-γ-pryskyřice jsou oxidační produkty α-hořkých kyselin. Patří tam δ – pryskyřice, hulupinová kyselina, která má příznivý účinek na pěnu piva a je nerozpustná. ε-pryskyřice vznikají odvozením od β-hořkých kyselin. [3, 44]

Chmelové silice: Široká různorodá směs látek lišící se chemickým složením, fyzikálními vlastnostmi i vůní v závislosti na jejich složení. Vytváří se v rostlině v konečné fázi zrání. Chmelové silice ovlivňují pivo svou vůní a dotváří celkový dojem piva. Výsledné aroma představuje skladbu všech vonných silic, které mohou působit pozitivně (humulen, karyofylen, karvon, humulenepoxid, β-farnesen, undekan-2-on), nebo negativně (myrcen,kurkumen, geraniol,β - selinen , α -selinen. [45]

Klasifikace chmelových silic:

- Uhlovodíková frakce
- Kyslíková frakce
- Frakce sirných sloučenin

Uhlovodíková frakce

Tvoří nejrozsáhlejší skupinu (70-80 %). Obsahuje alifatické uhlovodíky (pentan, oktan. isopren, undekan ...), monoterpeny (myrcen, limonen, β-pinen, β-ocimen) a seskviterpeny (β-farnesen, β-karyofylen, β-selinen, α-humulen) a další acyklické seskviterpeny zastoupeny jen v malém množství. [46]

Kyslíkatá (oxidovatelná) frakce

Tvoří 30 % celkových silic chmele, vzniká při zrání, zpracování a skladování. Vyznačuje se vyšší rozpustností oxidovaných produktů, často látek z uhlovodíkové frakce. Z důvodu vyšší rozpustnosti se v pivu vyskytují často a výrazně ovlivňují produkt a jeho aroma. V průběhu skladování se oxidací seskviterpenů zvyšuje obsah alkoholů a epoxidů. Z alkoholu jsou to látky jako humulol, humulonol, farnesol. Z terpenových alkoholů linalool, geraniol, neridol. U epoxidů je nejdůležitější epoxid karyofyllenu a humulenepoxidy. Nejintenzivnější aroma vytváří estery, kterých je v chmelových šiškách velké množství (metylester) a ketony (metylketon).

Frakce sirných sloučenin

Sirné sloučeniny mají nepříznivý vliv na chuťových i vonných látkách. V chmelu se vyskytují jen v malém množství. Zvýšené množství bylo prokázáno u chmelů ošetřených sirnými preparáty. [3, 43]

4 PIVNÍ STYLY – KLASIFIKACE PIV

Rozdělení piva podle extraktu původní mladiny (EPM) je zákonnou povinností všech výrobců piva. Toto rozdělení umožňuje spotřebiteli orientaci o množství extraktu (sacharidů) potřebného pro uvaření mladiny a tím i množství alkoholu, který vznikne po vykvašení mladiny. [3]

Dělení:

- Stolní pivo – pivo do 6 % hm. EPM
- Výčepní pivo – 7 až 10 %hm. EPM
- Ležák – spodně kvašené pivo s EPM 11-12 %hm.
- Plné pivo – svrchně kvašené pivo EPM 11-12 %hm.
- Silné pivo – pivo s EPM 13 % hm. a vyšší
- Nízkoalkoholické pivo – obsah alkoholu 0,5 až 1,2 % objemových
- Nealkoholické pivo – obsah alkoholu do 0,5 % objemových

Podle typu použitého sladu se pivo rozlišuje na světlá piva, která jsou vyrobena za použití převážně světlého sladu, polotmavá piva a tmavá piva, k jejíž výrobě bylo použito tmavých, polotmavých a barevných sladů v kombinacích se světlými slady. Řezaná piva vznikají smícháním světlého a tmavého piva. [47]

Základní rozčlenění pivních stylů je rozlišováno podle způsobu kvašení. Do klasifikace spodně kvašených piv- typ „ležák“ a svrchně kvašených piv- typu „ale“ se řadí i spontánně kvašená piva. Piva fermentovaná obojím způsobem jsou označována jako piva s hybridním kvašením. Zvláštní skupinu tvoří ochucená piva, která zahrnují piva ovocná nebo kořeněná či nakuřovaná. [48]

Rozdělení svrchně kvašených pšeničných piv:

Belgická piva-bílá piva, která obsahují 45 % pšenice. Je možný i přídavek ovsa a koření. Podává se při teplotě 10°C.

Bavorská piva

Berlínská piva-tvoří 30 % pšenice, mají nízký obsah alkoholu a nakyslou chuť. Mohou se přidávat i příchutě maliny, jahody a citrónu.

Pšeničný bock

Rozdělení svrchně kvašených piv:

Stout velmi tmavé pivo vyrobené z pražných sladů a ječmene. Jeho charakterem je hustá, krémová pěna a příchuť po praženém sladu.

Porter je slabší variantou piva Stout.

Trappisst je pivo silné, které je vyráběno pod přísným dohledem mnichů. Dosahuje 16-26 EPM, hořkost 15-30 IBU.

Německá svrchně kvašená piva:

Altbier – obdoba piva Ale.

Kölsch – barva piva je bledá slámově žlutá, má jemnou ovocnou chuť i vůni. **Weiss**-vařený až ze 70 % pšeničného sladu pro příznivce tmavých piv je k dispozici ve tmavé verzi.

Dunkel Weizen-má tmavě měděnou barvou s chlebnatými tóny. Silnější verzí s vyšším obsahem alkoholu je **Weizen doppel bock**.

Piva Porter a Stout jsou piva od sebe obtížně rozpoznatelná, liší se množstvím EPM a alkoholu. [48, 49]

Spontánní kvašení

Spontánní kvašení disponuje s původními zástupci kvasničných kmenů. Jedná se o kvašení s využitím kvasinek a mléčných bakterií. V současné době se moc nevyužívá, pouze některé země udržují výrobu spontánního kvašení piva (Belgie, Holadsko). Nejznámější spontánně kvašeným stylem je styl Lambic. Využívá až 40% nesladové pšenice s přídavkem ovsa a žita. Fermentace vzniká činností kvasinek *Bretanomyces brukselensis, Bretanomyces lambicus* s kombinací kmene mléčných bakterií.

Zvláštností je záměrný přídavek zoxidovaného chmele, od kterého se neočekává hořkost, ale je přidáván jen z důvodu zajištění konzervace. Jde o drsné pivo připomínající vermut se širokou škálou vjemů, které dozrává několik týdnů až měsíců.

Gueuze-perlivé pivo, vzniká řezáním lambiků starých a mladých, dokvašováním a zráním v lahvích se vytváří CO_2. [50]

Kriek-směs lambiků, která je při dokvašování doplněna celými třešněmi a zrání probíhá v lahvích.

Frambozen-obdobně jako styl kriek jen se přidávají před dokvašením maliny.

Faro-směs lambiků smíchaná před dokvašením s hnědým cukrem nebo karamelem. [50]

Spodně kvašená piva

Nejvyužívanější fermentační proces je pro piva typu ležák rozlišovaný:

Plzeňský ležák (Bohemian Pilsner Lager),

Dortmundský ležák-jde o pivo se sladovou chutí, nízkou hořkostí a dobrou pitelností s vyšším obsahem CO_2. Podle barvy se člení na světlý, tmavý a polotmavý ležák.

Bock-německý silný ležák s nasládlou chutí, barva od oranžové až po hnědou.

Märzen – pivo v načervenalých tónech, chuťově podobná bocku.

Vídeňský ležák – pivo jemně nahořklé s polotmavými tóny.

Kellerbier-německé nefiltrováné pivo.

Oud bruin – slabé sladké pivo s tmavší barvou. [48, 50]

5 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ KVALITU PIVA

5.1 Rozpuštěný kyslík

Produkty oxidačních reakcí jsou významné při vzniku staré chuti piva. Kyslík je označován jako nepřítel piva, proto je v moderních technologiích cílem snížit jeho obsah na minimum tak, aby nebyla ovlivňovaná senzorická kvalita piva. Jediným úsekem, kde dochází k záměrnému provzdušnění je proces zakvašování z důvodu optimálního kvašení. Obsah kyslíku je dán součtem rozpuštěného kyslíku v pivu a obsahu v hrdle láhve. Jejich množství zvyšuje rychlost oxidačních změn, které jsou provázeny zvýšením barvy, zhoršením chutě a vůně, pokles pěnivosti, změnu čirosti a charakteru hořkosti. Výrobci piva upravují své technologie tak, aby minimalizovali obsah kyslíku v obalu spolu s uchováním produktu při nízkých teplotách. Tento způsob je průkazně nejefektivnější k zajištění minimálních oxidačních změn. [51]

5.1.1 Mechanismus při oxidacích

Molekula kyslíku má v základním stavu dva nespárované elektrony tzv. tripletový stav, který představuje nejméně reaktivní formu. Působením světla, tepla, přítomnosti kovů může kyslík přejít do aktivovaných a reaktivních forem – singletového kyslíku a tvořit volné radikály (superoxid, hydroxylový radikál, hydroperoxylový radikál, peroxid vodíku), které odstartují další reakce. [51]

5.1.2 Působení světla

Vliv světla procházejícího obalem výrobku do nápoje je jedním z nejúčinnějších způsobů. Snížení se dá docílit různými způsoby. Průchod světla lze omezit použitím tmavších a tlustších lahví či lahví potažených speciálními absorbujícími vrstvami. V praxi se však takových obalů nevyužívá příliš často vzhledem k jejich výrobní ceně či váze. Pro pivo jsou nejčastěji používané láhve z hnědého či zeleného skla. Díky svým absorpčním vlastnostem (pohlcení záření kratších vlnových délek) jsou láhve z hnědého skla v omezení vzniku letinkové příchuti účinnější. Zelené láhve jsou však z pohledu spotřebitele často více žádoucí. Zelené a čiré sklo propouští oproti hnědému mnohem více světla. Výrobky stáčené do lahví vyrobených z těchto skel jsou více problémové z důvodu světelného poškození produktu. [52]

Vznik letinkové chuti

Za letinkovou příchuť je zodpovědná látka MBT – 3-methylbut-2-en-1-thiol, která vzniká po osvětlení piva viditelným a ultrafialovým světlem, reakcí rozpadajících se isomerů hořkých chmelových kyselin se sirnými zbytky.

K tvorbě letinkové příchuti dochází při světlem vyvolané neenzymatické reakci flavinu (např. riboflavin) jako senzitizéru isohumulonů a vhodné látky jako zdroje síry. Bylo zjištěno, že při tvorbě této látky je nejúčinnější světlo o vlnové délce v rozmezí 350–500 nm. Pro tyto fotodegradační procesy jsou z látek obsažených v pivu nejdůležitější tři základní komponenty – hořké kyseliny, riboflavin, sloužící jako fotosenzitizér přenášející energii viditelného světla na hořké kyseliny a cystein, který zde vystupuje jako zdroj síry. [52]

5.2 Zákal

Jedním z požadavků na jakost piva je čirost a jiskrnost. Míra čirosti nebo zákalu se posuzuje na přístrojích – zákaloměrech a zákalometrech. Zákal v kapalinách je způsoben různorodým rozptylem částic různých velikostí, tvaru a koncentraci. Zákal je vnímán jako optický jev vzniklý rozptylem světla odrážejícího se na pevných částečkách v kapalině. Zákoloměry detekují změnu v záření prošlé kapalinou v jednom, dvou, třech úhlech a porovnávají ji s intenzitou rozptýlenou na příslušném rozptylovém standardu. V pivovarnictví se používá jako standard formazin. Jednoúhlový zákalometr poskytuje informaci o rozptylu o odpovídající koncentraci, ale nelze rozpoznat velikost částice. Pro určení velikostí a množství jaké částice přechází do filtrátu se používají zákalometry měřící současně zákal ve dvou odlišných úhlech. Cílem filtrace piva je dokonale odstranit kvasinky, které by zapříčinily zákal, sedimentaci a kažení piva. Hodnoty zákalu při dvou úhlech měření by na výstupu z filtrace měly být co nejnižší. Typické hodnoty pro správně filtrovaná piva typu ležák se pohybují Z 90° 0,3-0,5 j. EBC a pro Z12° 0,1-0,3 j. EBC. Jestliže má pivo na výstupu z filtru nízké Z 12°, ale vysoké Z 90° ukazuje na množství koloidních částic a jsou nutné technologické úpravy v provoze. Snaha o vyšší filtraci by byla ztrátová. [53, 54]

Zákal a barva jsou u kvašených nápojů ovlivněny vstupními surovinami a jsou ukazatelem stárnutí piva. V průběhu procesu stárnutí piva se mění velikost i počet koloidních zákalových částic. V případě chladového zákalu mohou být tyto procesy částečně zvratné. Rozlišení hrubých částic ve filtrovaném pivu měřené při filtraci mohou indikovat chybu v technologii filtrace s únikem silikagelu, PVPP, křemeliny nebo kvasnic. V průběhu stárnutí piva roste v důsledku oxidační kondenzace koncentrace a zákalotvorná afinita jednoduchých

flavanoidů, které se vážou k zákalotvorným proteinům prostřednictvím vodíkových můstků v místě prolinu. K reakci mezi P-T (protein-tannoid komplex) komplex mezi proteinem a polyfenolem a tím i tvorbě zákalu přispívá i pH piva. [55, 56] Reakce probíhá mezi skupinou -SH, -NH_2 proteinu a ketonovou skupinou taninu.

Pro předcházení tvorby zákalu je důležité mít dobré vstupní suroviny a použití stabilizačních prostředků, které z piva odstraňují jeden nebo více prekurzorů způsobující zákal. Stabilizace probíhá při filtraci za použití silikagelů nebo polyvinylpolypirrolidonu (PVPP). Silikagely reagují s proteiny, zatímco PVPP snižuje množství polyfenolů. Účinnost stabilizačních prostředků se určuje pomocí šokovacích testů. Jde o způsob poměrně časově náročný. Pivo je vystaveno střídavým účinkům vysokých 40-60°C a nízkých teplot kolem 0°C po určitou dobu. [57, 58]

5.3 Kontaminace

Závažným problémem mající vysoký význam je mikrobiologická kontaminace, která může způsobovat zdravotní nebo technologické potíže jako sediment, zákal, senzorické vady. Zástupcem je kontaminující kvasinka *Saccharomyces cerevisiae var. Diastatikus.* Důvodem je sekundární kontaminace zákvasné dávky nebo stáčecího zařízení. Tato amylolytická kavasinka má vlastnost zkvašovat dextriny s tvorbou zákalu a přepěňováním. Nebezpečím může být exploze obalu z důvodu pokračující fermentace i po pasteraci. Prvotním znakem je neobvykle vysoké prokvašení s nízkým zbytkovým extraktem. Probíhající druhotná fermentace může být důvodem k nárůstu obsahu alkoholu a vzniku legislativních neshod v zařazení produktu. *Saccharomyces cerevisiae var. diastatikus* je významná i z důvodu změny senzorického profilu piva, jako je vznik fenolitických nebo medicinálních příchutí z prekurzorů kyseliny p – kumarové, skořicové, felurové za vzniku 4 – vinylfenolu, styrenu. Tyto prekurzory pochází ze sladu a přítomnost pachutí se projeví již při 0,4 % kontaminaci kvasné dávky. [59]

Další nechtěnou vadou způsobenou vlivem kontaminace je vznik diacetylu. Diacetyl je sloučenina vznikající během fermentace jako sekundární produkt činností kvasinek, během zrání v ležáckém tanku je později odbourána. Závažnější vada vzniká kontaminací mléčnými bakteriemi rodu Lactobacillus, který se vyznačuje tvorbou diacetylu a udílí pivu chuť a vůni po másle nebo po jogurtu. Tato příchuť v pivu je nežádoucí a svědčí o vysokém stupni kontaminace. [60]

5.4 Gushing piva

Gushing je jev, který je typický pro sycené nápoje, kdy po otevření obalu dochází k spontánnímu vytékání nápoje vlivem přeměny rozpuštěného CO_2 na plynný CO_2. Gushing nastává po přesycení nápoje CO_2 a spolu s CO_2 je vyneseno i pivo. Gushing je způsoben řadou faktorů ve výrobním procesu a použitím surovin. Hořké sloučeniny chmele výrazně zvyšují rychlost tvorby pěny, proto je gushing u piva častějším jevem. Nejčastěji se vyskytuje v souvislosti kontaminací sladu plísněmi druhu *Fusarium, Geotrichum*. Jejich nepříznivý vliv je spojený i s tvorbou mykotoxinů. Výskyt gushingu nelze jednoznačně zdůvodnit, je nutné posoudit aspekty mikrobiální, chemické i technologické se zaměřením na výrobu sladu. [61, 62]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 CÍLE PRÁCE

Hlavní cíl:

- Sledování změn piva během skladování v závislosti na stárnutí piva.

Dílčí cíle:

- stanovení polyfenolů v pivu po stočení do láhve a během skladování
- stanovení hořkých látek v pivu po stočení do láhve a během skladování
- stanovení barvy piva po stočení do láhve a během skladování
- stanovení čirosti v pivu po stočení do láhve a během skladování
- stanovení oxidu uhličitého v pivu po stočení do láhve a během skladování
- stanovení obsahu kyslíku v pivu po stočení do láhve a během skladování
- stanovení pěnivosti piva v láhvi a pěnivosti během skladování

7 ANALYZOVANÉ VZORKY

Vybrané vzorky světlých piv byly uvařeny v čtyřnádobové varně dekokčním způsobem bez surogace u 10 %, 11 %, 11,5 % u piva s 12 % EPM (extrakt původní mladiny) se surogací. K surogaci byl použit řepný cukr. Vzorky mají rozdílné EPM 10 %, 11 %, 11,5 %, 12 % a liší se množstvím a složenou skladbou chmele. Chmelovar probíhal ve třech stupních. U vzorku 11,5 % bylo navíc využitostudeného chmelení. Doba ležení odpovídala hodnotě EPM. Vybrané pivo bylo nafiltrováno a uchováno pod atmorférou biogonu. Vzorky piv jsou stočeny do 0,5l hnědých lahví. U těchto vzorků bylo sledováno množství hořkých látek v mladině a následně i v pivu a jejich vývoj během skladování při teplotách skladování 8-14±2°Cpo dobu trvanlivosti. Sledován byl i obsah polyfenolů, čirost, barva, obsah CO_2 a množství rozpuštěného O_2, pěnivost piva a vývoj pH při stočení a na konci trvanlivosti. Všechny vzorky byly podrobeny základní analýze na množství extraktu, prokvašení, objemový i hmotnostní alkohol.

Vzorek piva s 10 % EPM se vyznačuje světlejší barvou po použitém světlém sladus doplněním 0,2 ±0,1 % sladu barevného. Množství alkoholu se odvíjí od velikosti EPM a prokvašení piva, která závisí na době ležení. Pivo disponuje mírnou hořkostí a dobrou pitelností. Charakter hořkosti je závislý na množství a doplňujícím složení chmele. Stanovené množství hořkých látek v mladině bylo 37,6 ±0,5 mg/l. Faktorem ovlivňující kvalitu piva je rozpuštěný kyslík jeho měřené hodnoty v pivu po filtraci dosahovaly 0,07 mg/l. Množství oxidu uhličitého bylo stanoveno na 5,5 ±0,1 g/l. U tohoto vzorku byla měřena i hodnota pH ihned po stočení 4,50. Na konci experimentu bylo pH 4,53.

Tabulka 2 Výroba 10 % EPM.

Množství na várku	5600 kg/380 l
Barevný slad	0,2 %
Surogace	Ne
Metoda vaření	2dekokční rmutování
Vystírací teplota	40±5°C 20 min
pH várky	
Vařící program	50±8°C
1. rmut	1/3 65±°C 55±5 min (var 20 min.)
Vrácení	65±5°C
2dekokce	1/3 70±°C 55±5 min (var 20 min.)
Vrácení	75-80°C
Teplota při vyslazování	75-80°C
Celková doba vaření	140 min
Chmelení	
1chmeleni	40 % 5 min
2chmeleni	30 % 1 min
3chmeleni	30 % 15 min
4chmeleni	0 %
Celková doba chmelení	80 min
Fermentace	6 dnů 7°C
Dokvašení	50 dnů

Tabulka 3 Parametry 10 % EPM lahvového piva po stočení.

Parametry	**Hodnoty**
Ethanol	
% v/v	3,94±0,03
% w/w	3,09±0,03
Extrakt	
Zdánlivé (%w/w)	2,26±0.04
Reálné (%w/w)	3,71±0.04
Stupeň prokvašení	
Zdánlivé (%w/w)	76,85
Reálné (%w/w)	62,01
Barva (EBC jednotky)	9,7±0.2
pH	4,55±0.05

Vzorek piva s 11 % EPM dosahuje mírně tmavších barevných odstínů, protože k světlému sladu byl dodán i slad barevný ve zvýšeném množství 0,27 ±0,1 % než u piva s 10 % EPM. Hořkost piva je vyvážená a odpovídá použitému chmelení. Hodnoty v mladině 41,7±0,5 mg/l vykazují zvýšení hořkosti něž u vzorku piva s 10 % EPM. Po filtraci byly naměřeny hodnoty kyslíku v pivu 0,14 mg/l a obsah oxidu uhličitého 5,4 ±0,1 g/l. Hodnota ph po stočení 4,43, na konci trvanlivosti byla výše pH 4,46. Pivo bylo uchováváno pod atmosférou biogonu.

Tabulka 4 Výroba 11 % EPM.

Množství na várku	5600 kg/380 l
Barevný slad	
Surogace	Ne
Metoda vaření	2dekokční rmutování
Vystírací teplota	40±5°C 20 min
pH várky	
Vařící program	50±8°C
1. rmut	1/3 65±°C 55±5 min (var 20 min.)
Vrácení	65±5°C
2dekokce	1/3 70±°C 55±5 min (var 20 min.)
Vrácení	75-80°C
Teplota při vyslazování	75-80°C
Celková doba vaření	140 min
Chmelení	
1chmeleni	40 % 5 min
2chmeleni	30 %1 min
3chmeleni	30 % 15 min
4chmeleni	0 %
Celková doba chmelení	80 min
Fermentace	7 dnů
Dokvašení	55 dnů

Tabulka 5 Parametry 11 % EPM lahvového piva po stočení.

Parametry	**Hodnoty**
Ethanol	
% v/v	4,38±0.03
% w/w	3,43±0.04
Extrakt	
Zdánlivé (%w/w)	2,51±0.04
Reálné (%w/w)	4,1±0.04
Stupeň prokvašení	
Zdánlivé (%w/w)	76,79
Reálné (%w/w)	61,97
Barva (EBC jednotky)	10,36±0.2
pH	4,52±0.05

Vzorek piva 11,5 % EPM byl vařen ze světlých sladů s podíly sladu barevného 0,27 %±0,1 a sladu karamelového 0,45 ±0,1 %. Množství alkoholu je vyšší a pivo je řazeno do kategorie ležáků. Hořkost tohoto piva je ovlivněna vysokou dávkou chmele a použitou technologií studeného chmelení, kde je chmel dávkován do mladého piva. Zjištěná hodnota hořkých látek v mladině ukazovala 45,8±0,5 mg/l. Hodnoty kyslíku po filtraci piva 0,09 mg/l a hodnota CO_2 5,54 ±0,1 g/l. Pivo skladováno pod atmosférou biogonu. Hodnota pH po stočení 4,42 u posledního měření 4,45.

Tabulka 6 Výroba 11,5 % EPM.

Množství na várku	5600 kg/380 l
Barevný slad, karamelový slad	Ano
Surogace	Ne
Metoda vaření	2dekokční rmutování
Vystírací teplota	40±5°C 20 min
pH várky	
Vařící program	50±8°C
1. rmut	1/3 65±°C 55±5 min (var 20 min.)
Vrácení	65±5°C
2dekokce	1/3 70±°C 55±5 min (var 20 min.)
Vrácení	75-80°C
Teplota při vyslazování	75-80°C
Celková doba vaření	140 min
Chmelení	
1chmeleni	40 %
2chmeleni	30 %
3chmeleni	30 %
4chmeleni	studené
Celková doba chmelení	90 min
Fermentace	8 až 10dnů 7 °C
Dokvašení	60dnů

Tabulka 7 Parametry 11,5 % EPM lahvového piva po stočení.

Parametry	**Hodnoty**
Ethanol	
% v/v	4,5±0.03
% w/w	3,52±0.03
Extract	
Zdánlivé (%w/w)	2,76±0.04
Reálné (%w/w)	4,39±0.04
Stupeň prokvašení	
Zdánlivé(%w/w)	75,48
Reálné (%w/w)	60,91
Barva (EBC jednotky)	12,06±0.2
pH	4,5±0.05

Vzorek piva s 12 % EPM byl připraven ze světlých sladů s přídavkem 0,27 ±0,1 % sladu barevného a za použití 7 ±1 % surogace řepným cukrem. Hořkost piva je charakteristická pro vyšší stupňovitostí s příjemným nasládlým dozvukem. Hořké látky v mladině byly stanoveny na množství 47 ±0,5 mg/l. Naměřená hodnoty kyslíku po filtraci piva činila 0,14mg/l a hodnota CO_2 5,4 ±0,1 g/l. Naměřená hodnota pH po stočení 4,40 na konci DMT pH4,43.

Tabulka 8 Výroba 12 % EPM.

Množství na várku	5600 kg/380 l
Barevný slad	Ano
Surogace	Ano
Metoda vaření	2dekokční rmutování
Vystírací teplota	40±5°C 20 min
pH várky	
Vařící program	50±8°C
1. rmut	1/3 65±°C 55±5 min (var 20 min.)
vrácení	65±5°C
2dekokce	1/3 70±°C 55±5 min (var 20 min.)
Vrácení	75-80°C
Teplota při vyslazování	75-80°C
Celková doba vaření	140 min
Chmelení	
1chmeleni	30 % 5 min
2chmeleni	30 %10 min
3chmeleni	40 %15 min
4chmeleni	0 %
Celková doba chmelení	90 min
Fermentace	8 až 10dnů 7°C
Dokvašení	60 dnů

Tabulka 9 Parametry 12 % EPM lahvového piva po stočení.

Parametry	**Hodnoty**
Ethanol	
% v/v	4,78±0.03
% w/w	3,74±0.03
Extrakt	
Zdánlivé(%w/w)	2,7±0.04
Reálné(%w/w)	4,43±0.04
Stupeň prokvašení	
Zdánlivé(%w/w)	76,93
Reálné(%w/w)	62,1
Barva (EBC jednotky)	11,44±0.2
pH	4,45±0.05

7.1 Metodika

Byly sledovány vybrané parametry, které byly stanovovány fyzikálně-chemickými metodami. Byly stanoveny analýzy po stočení, ale i během výroby a po filtraci piva. Vzorky, které byly stočeny do lahví byly ihned po stočení podrobeny analýze, tak aby byl vyloučen vliv ostatních nežádoucích faktorů. Vliv stárnutí na vybraných vzorcích byl následně hodnocen každý další měsíc.

7.1.1 Měření analytických ukazatelů fyzikální metodou

Metoda využívá měření alkoholu pomocí přístroje denzitometru DMA a Alcolyzeru (Anton Paar). Analyzovaný vzorek musí být zbavený plynné fáze a poté se nalit do kyvety, která se vložila do denzitometru, kde je změřena hustota na základě průchodu rychlosti zvuku. Hustota byla změřena metodou ohybového oscilátoru a rychlosti zvuku. Stanovením doby průchodu ultrazvukového impulsu přesně definovaným úsekem vzorku. Z těchto hodnot se na základě polynomů získaných pomocí velkého množství měření vypočítávají požadované hodnoty. Vypočítají se hodnoty obsahu alkoholu, skutečný extrakt a hustota. Na základě těchto hodnot a za použití Ballingovy formule se počítají hodnoty EPM, objemový alkohol, množství extraktu. [67]

7.1.2 Měření obsahu polyfenolů v pivu spektrofotometrickou metodou

Spektrofotometrická metoda využívá reakce polyfenolů s ionty železa za vzniku komplexu červenohnědého zabarvení, který je měřitelný při vlnové délce 600 nm. Používá se ke zjištění obsahu celkových polyfenolů.[12]

Měření obsahu polyfenolů proběhlo na laboratorním spektrofotometru CADAS 200 UV VIS (Dr. Lange, Německo). Ke stanovení byly použity 1 cm kyvety a k měření se využilo světelné spektrum o vlnové délce 600 nm.

Vzorky piv byly přelity do 0,5 l odměrných baněk. Pivo, které bylo určeno k analýze, bylo zbaveno CO_2 vytřepáním na třepačce po dobu dvaceti minut. Poté bylo do 25 ml odměrné baňky napipetováno 10 ml vytřepaného piva a 8 ml karboxymethylcelulózy. Ta byla připravena do 250 ml odměrné baňky navážením 1 g kyseliny etylendiamintetraoctové (EDTA 3) a 5 g karboxymethylcelulózy. Po promíchání bylo přidáno 0,5 ml roztoku citrátu železitoamonného, připraveným rozpuštěním 0,875 g v destilované vodě, který byl převeden do 25 ml odměrné baňky. Následně je vzniklá směs promíchána a potom bylo přidáno 0,5 ml roztoku amoniaku naředěným 1:2 s destilovanou vodou. Po promíchání byla baňka doplněna po rysku destilovanou vodou. Po deseti minutách stání byla u roztoku měřena absorbance v 1 cm kyvetách při vlnové délce 600 nm proti slepému pokusu na spektrofotometru CADAS 200 UV VIS od výrobce Dr. LANGE. Slepý pokus byl připraven analogicky do 25 ml odměrných baněk bez přidání 0,5 ml roztoku citrátu železito-amonného. [12, 45,63]

Celkový obsah polyfenolů je vyjádřen přepočtem absorbance A_{600}. 820 v mg/l a hodnota byla zaokrouhlena na celé číslo. Kdy číslo 820 je empiricky zjištěný koeficient. Obsah polyfenolů se v pivu průměrně pohybuje od 150 do 200 mg/l. [12]

7.1.3 Stanovení hořkých látek v pivu

Chmel aplikovaný do sladiny přechází jen v malém množství 9,1 % po šedesátiminutovém chmelovaru se jeho množství zvyšuje na 44 %. Chmel přidávaný do vířivé kádě vykazuje 29,9 %. Vysoké množství je během fermentace ztraceno již v prvních dvou dnech. Další část během filtrace. Ztráta při ležení přibližně ukazuje na 1/3 hořkých látek. Množství hořkých látek v pivu je tak značně poníženo a je proto jeden z kvalitativních parametrů. [45]

Měření obsahu polyfenolů proběhlo na laboratorním spektrofotometru CADAS 200 UV VIS (Dr. Lange, Německo). Ke stanovení byly použity 1 cm kyvety a k měření proběhlo ve světelném spektru o vlnové délce 600 nm.

Vzorky vytřepaného piva zbaveného CO_2 o objemu 10ml byly napipetovány do 100ml Erlenmeyerových baněk se zábrusem. Pro vytvoření kyselého prostředí byl přidán 1ml 3M HCl. Jako extrakční činidlo byl použit isooktan (2,2,4-trimetylpentan) pro spektrometrii, který byl odpipetován o objemu 20ml. Erlenmeyerova baňka byla uzavřena zábrusovou zátkou a intenzivně a bezustání byl její obsah vytřepán. Po 5 minutách intenzívního třepání bylo dosáhnuto extrakce hořkých látek do isooktanu, následně byl obsah v Erlenmeyerově baňce ponechán ustálit. Nejdříve byl nastaven přístroj na slepý vzorek isooktanu. Po 5 minutách byla měřena absorbance vybraných vzorků piva při vlnové délce 274nm. Výsledné hodnoty byly odečítány v mg/l a odpovídající množství IBU (MJH). [66]

7.1.4 Měření barvy piva

Barva piva ovlivňuje vizuální vjemy spotřebitele a je součástí běžných rozborů. Spotřebitel vnímá změnu barvy a je ovlivněn přirozeným standardem. Barva pro světlá piva se odvíjí většinou od stupňovitosti.

K měření barvy byl užit laboratorní spektrofotometr CADAS 200 UV VIS (Dr. Lange, Německo). Ke stanovení byla použita 1cm kyveta a měřeno bylo ve světelném spektru v rozmezí vlnové délky 430 -700nm.

Vzorek lahvového piva byl zbaven CO_2 třepáním na třepačce po dobu 20minut. Následně byl přefiltrován přes papírový filtr, který zajišťuje ulpění pěny na filtračním papíru. Filtrát byl přelit do skleněné 1 cm kyvety a měřen na spektofotometru CADAS 200 UV VIS od výrobce Dr. LANGE, který byl nejprve vynulován slepým pokusem na destilovanou vodu.

7.1.5 Měření čirosti piva spektrofotometrickou metodou

Měření čirosti slouží k vyhodnocení fungování filtrace piva a správnému nastavení technologického postupu. Pro měření čirosti byl použit laboratorní zákaloměr SIGRIST LAB SCAT 2 (Sigrist, Švýcarsko), který proměřuje kapalinu pomocí světelných paprsků pod úhly 90° a 25°. Tento přístroj měří průchod světelných paprsků v měřící kyvetě pod úhly 90° a 25°. Hodnoty naměřené při úhlu 90° stanovují výskyt látek tvořících koloidní zákal a hodnoty naměřené při úhlu 25° vyjadřují množství větších částic [45]

Příslušný vzorek lahvového piva byl přelit do kyvety a ta byla poté uzavřená víčkem. Kyveta se několikrát převrátí, aby bylo docíleno rychlejšího odstranění CO_2 a vyrovnání tlaku uvnitř kyvety, čímž dojde k ustálení odchodu bublinek, které by měření rušily a mohly by měření nepříznivě ovlivnit. Takto připravený vzorek byl vložen do měřící komory zákaloměru SIGRIST LAB SCAT 2. Vybrané vzorky byly měřeny již po stočení a kontrolovány po jednotlivých měsících. Skladovány byly při teplotě 14 °C ±2. [63,45]

7.1.6 Měření CO2

Množství CO_2 v pivu se vytváří během fermentace a dozrávání piva v ležáckých tancích. Obsah CO_2 je závislý na množství sudovaných kvasnic, tlaku v ležáckém tanku, teplotě a zbytkovém extraktu v mladém pivu. Při nedostatečném nasycení piva CO_2 je využíváno dosycení na filtraci.

7.1.7 Kombinované měření CO2 a O2 v přetlačném tanku (PT)

Monitorování množství CO_2 a obsahu O_2 v pivu je důležité z hlediska zachování kvality piva. Po filtraci do PT dochází k měření obsahu CO_2 a obsahu O_2 v pivu, měřené hodnoty slouží k potvrzení dodržování technologických postupů při výrobě. Cílem je vyloučit možnost provzdušnění piva, které by mohlo ovlivnit senzorické vlastnosti.

K měření CO_2/O_2 se používá přenosné zařízení Gehaltmeter typ c DGM od firmy Haffmans podstatou měření CO_2 je fyzikální metoda založená na Henryho zákoně u něhož se využívá principu vyrovnání parciálních tlaků plynů s kapalinou a je přímo úměrná parciálnímu tlaku plynu nad kapalinou. Množství CO_2 rozpuštěného v kapalině odpovídá tlaku plynu uvolněného z definovaného objemu, který je v rovnováze s kapalinou. Ze zjištěného tlaku a teploty se pak vypočítá obsah CO_2 v g/l. Hodnota pro piva se pohybuje v rozmezí 4,8-5,5g/l. Pokud tato hodnota není dosažena při filtraci piva je spuštěno dosycování CO_2. [45,64,66]

7.1.8 Měření CO2 v láhvi fyzikální metodou

Metoda založená na měření tlaku (bar) v láhvi a rovnovážné hodnoty teploty piva. Uvolněný tlak se odečítá na manometru měřícího přístroje.

Vzorek lahvového piva byl měřen při teplotě místnosti, která se pohybovala v rozmezí 20-23°C±2. Neporušená láhev byla přichycena do stojanu měřícího přístroje INPACK 2000, Haffmans. Po upevnění láhve bylo docíleno perforace korunky vzorkovací jehlou a tím k uvolnění CO_2. K úplnému vytěsnění CO_2 bylo docíleno intenzivním třepáním po dobu

zvedání tlaku na manometru přístroje. Po ustálení byla odečtena hodnota a láhev byla vytažena ze stojanu. Stanovení obsahu CO_2 bylo určeno na základě naměřené teploty piva ve vzorku a odečteného tlaku na manometru. Pomocí měřícího pravítka, které znázorňuje příslušný tlak a k tomu příslušnou hodnotu ta byla odečtena. [45]

7.1.9 Měření kyslíku

Obsahem rozpuštěného kyslíku jsou ovlivňovány oxidační procesy v pivu, jeho hodnota je indikátorem rychlosti oxidace piva. Měření kyslíku je založené na měření luminiscence vrstvy citlivé na kyslík. Vrstva citlivá na kyslík je vystavena modrému světlu, které excituje molekuly citlivé vrstvy. Kyslík naráží do senzitivní vrstvy molekul a zháší jejich luminiscenci. Koncentrace kyslíku se vypočítává z teploty a času mezi vystavením a vyzářením. Vzorek lahvového piva byl umístěn do stojanu a uchycen. Byl zapojen digitální přístroj Gehaltmetr c-DGM, Haffmans na měření CO_2 a O_2(mg/l) Vzorkovací jehlou bylo docíleno propíchnuti korunky láhve tak, aby bylo dovoleno na dno lahve, zavedení dlouhé jehly. Následně byl nastaven optimální průtok přístrojem a tím bylo umožněno měření.

7.1.10 Měření stability pěny piva

Pěna je charakteristická pro pivo a je jeho nedílnou součástí. Pěnivost piva se vyjadřuje schopností piva udržet stabilní pěnu. Spotřebitel vnímá její barvu i její strukturu. Přístroj zaznamenává pokles pěny a jeho senzory se pohybují tak, aby se jí dotýkaly. Měření bylo provedeno na přístroji Nibem, firmy Haffmans, kterým se určuje stabilita pěny. Stabilita se odečítá na základě časového intervalu a poklesu pěny o danou vzdálenost. pokles pěny ovlivňuje teplota piva i teplota okolí. K minimalizování těchto vlivů slouží vnitřní teplotní čidlo, které přepočítává teplotu pěny a převádí ji skutečnou hodnotu poklesu pěny v sekundách. Před každou sérií měření je důležité přístroj zkalibrovat na hladinu vody v kyvetě.

8 VÝSLEDKY MĚŘENÍ

V této části jsou předloženy výsledky měření v průběhu skladování po dobu jejich minimální trvanlivosti. Základní fyzikálně - chemické měření, které probíhá na přístroji denzitometru Anton Paar. Na základě zjištěné hustoty jsou dopočítány hodnoty (% P, zdánlivý extrakt, zdánlivé prokvašení, alkohol aj.).

8.1 Fyzikálně chemické parametry sledovaných vzorků piva

Tabulka 10 Analytické hodnoty vzorků piva.

Produkt	Zdánlivý extrakt	P %	Alkohol % hmot.	Alkohol % objem.	Skutečný extrakt	Skutečné prokvaš.	Zdánlivé prokvaš.	Barva EBC	pH pH	Čirost Z90	Čirost Z25
10 %	2,26	9,78	3,09	3,94	3,71	62,01	76,85	9,46	4,55	0,32	0,09
11 %	2,51	10,79	3,43	4,38	4,10	61,97	76,79	10,39	4,52	0,24	0,10
11,5 %	2,76	11,24	3,52	4,50	4,39	60,91	75,48	12,21	4,5	0,37	0,30
12 %	2,70	11,70	3,74	4,78	4,43	62,10	76,93	11,53	4,45	0,31	0,16

8.2 Sledování změn piva 10 % EPM během skladování

V následujících grafech jsou monitorovány hodnoty změn piva s 10 % EPM po stočení a během stárnutí po jednotlivých měsících. Měření bylo ukončeno 10 dní před dobou minimální trvanlivosti (DMT). Tabulka 11. ukazuje vstupní hodnoty měřené ihned po filtraci piva a následný monitoring po dobu stočení do obalu.

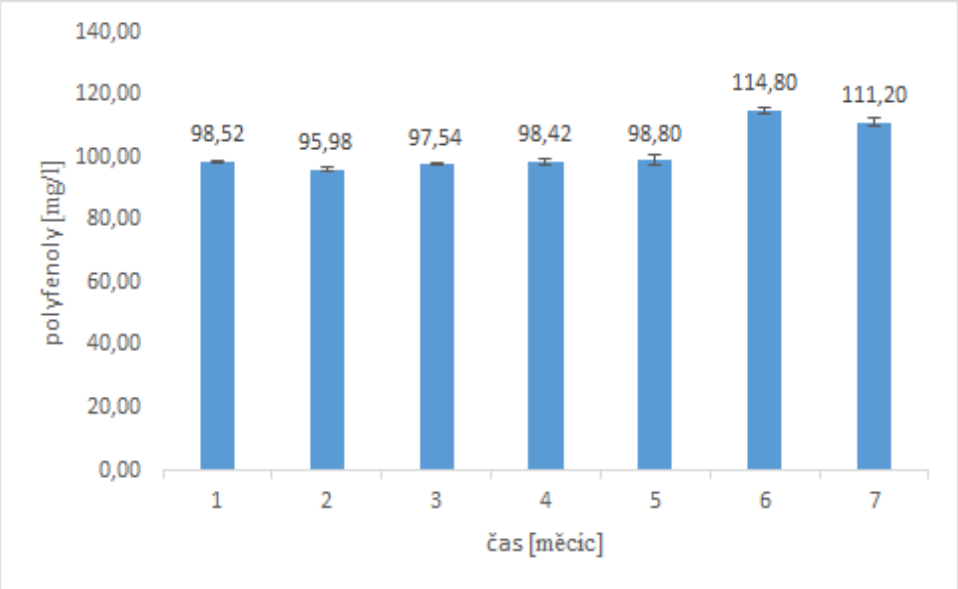
Tabulka 11 Hodnoty kontrolních měření před stáčením do lahví 10 % EPM.

Přetlačný tank	CO_2 [% w/w]	O_2[g/l]	Barva [EBC]	Čirost 90°/25° [EBC]
P 1	0,58	0,07	9,46	0,32/0,09
CISTERNA	0,56	0,2	9,46	0,32/0,10
HODNOTA PŘI STÁČENÍ	0,54	0,04	9,46	0,32/0,11

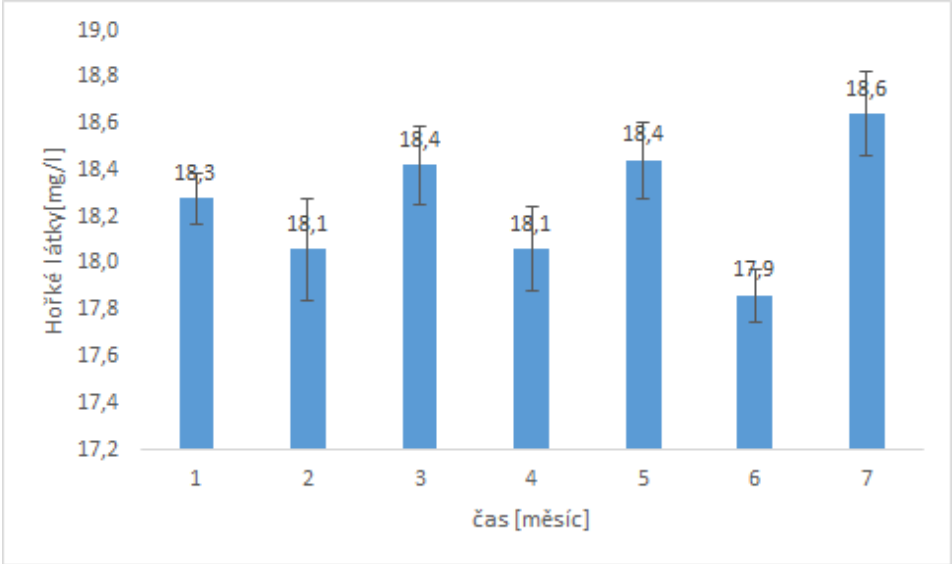
8.3 Výsledky fyzikálně-chemických parametrů piva

Výsledky měření, které dokumentují průběh změn fyzikálně-chemických vlastností, byly zaznamenány do grafů. Grafické vyhodnocení bylo znázorněno z důvodu lepší přehlednosti pro každý měřený parametr zvlášť. Změny byly sledovány po dobu deklarované trvanlivosti výrobcem (6. měsíců). První měření se uskutečnilo ihned po stočení piva a další vždy po měsíci. Sledování změn bylo každý měsíc zakončeno senzorickým posouzením vzorku piva, kterého se zúčastnila sestava deseti hodnotitelů. Obrázky 2-8 znázorňují průběh změn u sledovaných parametrů. Obr. 2 ukazuje jen mírné rozdíly mezi hodnotami do 5. měření. U

6. série měření došlo k nárůstu množství polyfenolů. Ten se zvýšil z průměrné hodnoty 98,8 mg/l na hodnotu 114mg/l. Obr. 3 U množství hořkých látek, které bylo jedním ze sledovaných parametrů se jejich množství během skladování výrazně nezměnilo, ale změny v charakteru hořkosti se projevily v senzorické analýze jejíž výsledky viz. níže. Rozdíly mezi jednotlivými měsíci jsou do ± 5 %, což je akceptovatelná chyba.



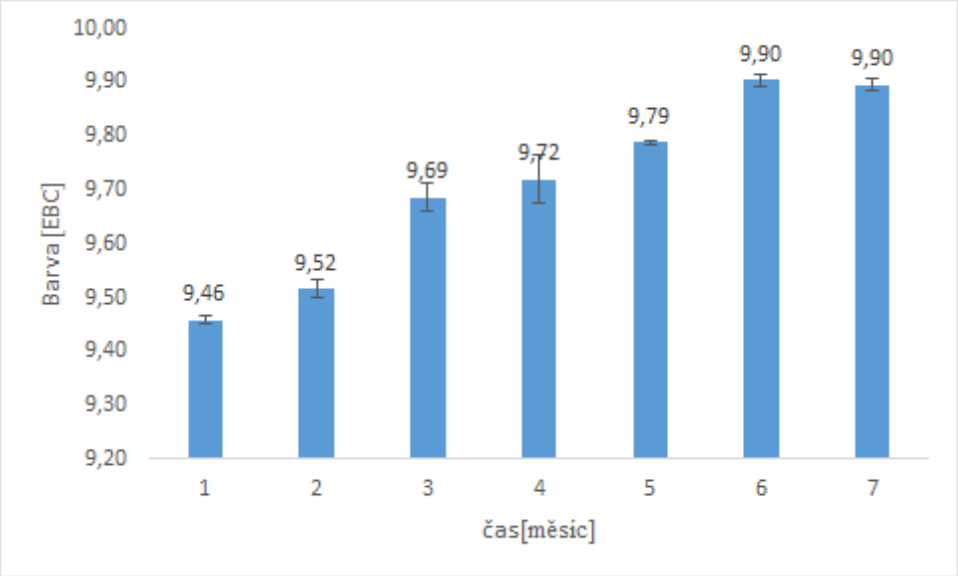
Obrázek 2 Závislost množství polyfenolů [mg/l] v čase.



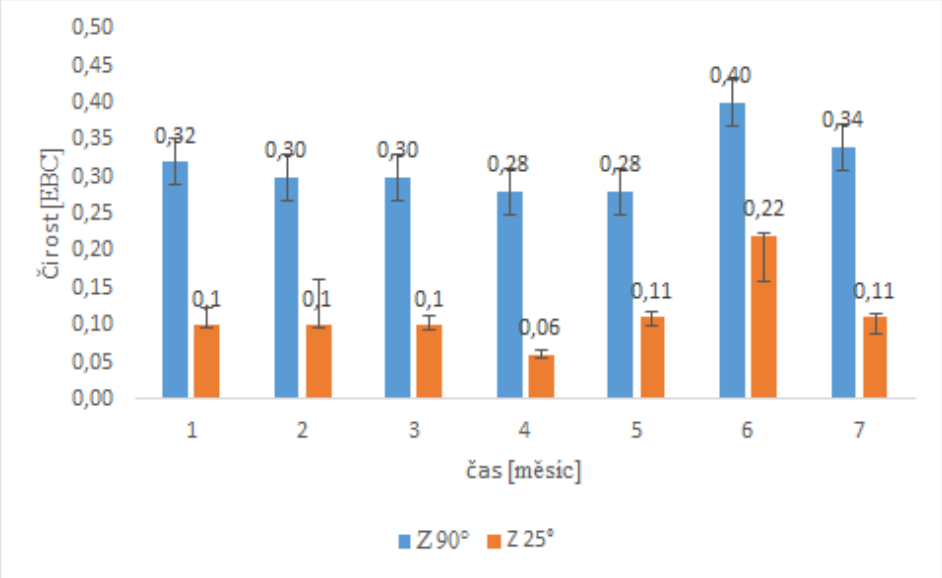
Obrázek 3 Závislost množství hořkých látek[mg/l] na čase.

Obr. 4 naměřené hodnoty ukazují vývoj změny barvy, která se pravidelně každý měsíc nepatrně zvýšila, ale tento rozdíl běžný spotřebitel nezaznamená. Senzorické hodnocení

tohoto parametru se ukázalo jako zanedbatelné. Obr.5 Vyjadřuje závislost čirosti na čase. Naměřené hodnoty se ukázaly jako velice pozitivní a naznačují, že filtrace i stabilizace byli dostačující. V průběhu skladování se ukázaly jen min. změny, které lze považovat za chybu měření.



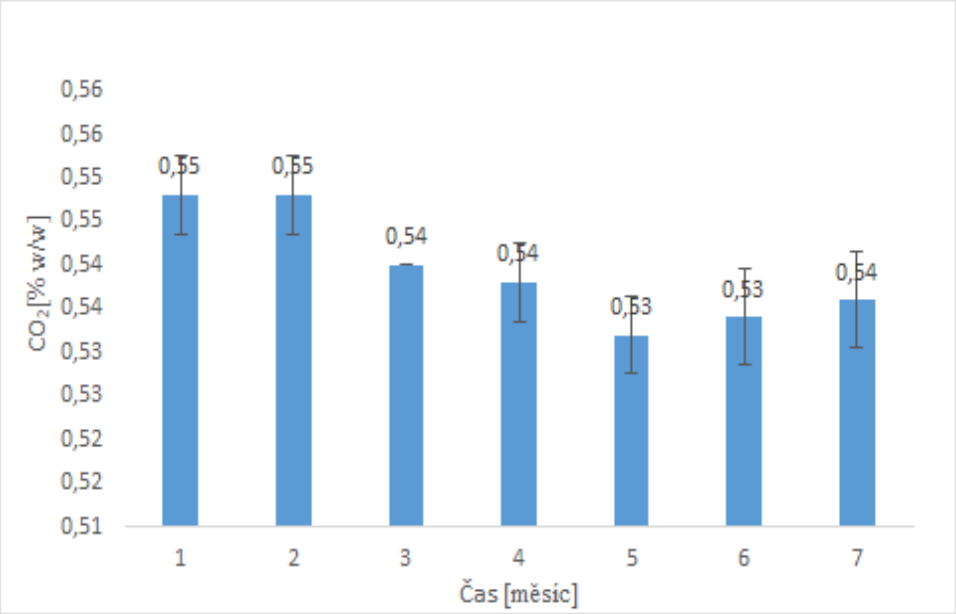
Obrázek 4 Závislost barvy [EBC] na čase.



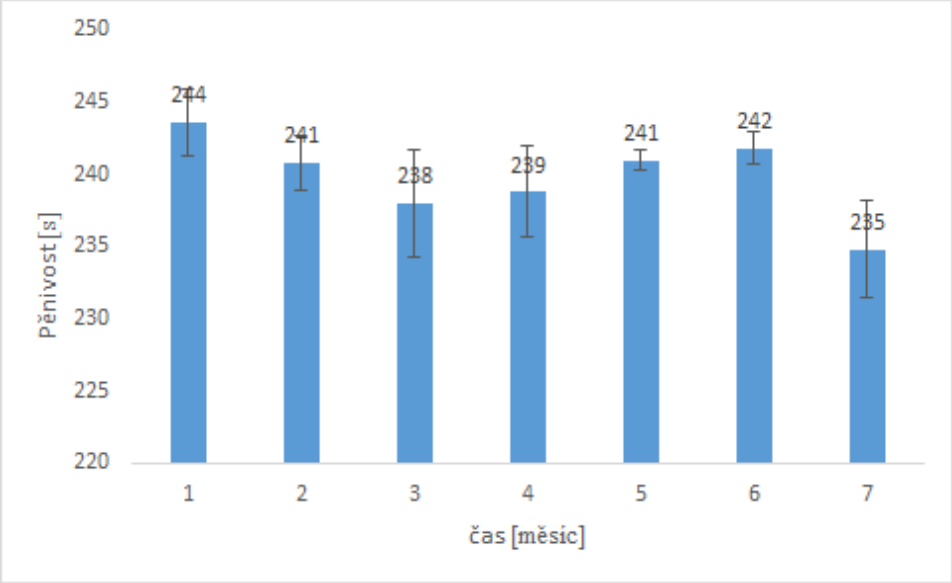
Obrázek 5 Závislost čirosti [EBC] na čase.

Obr. 6 Znázorňuje graf závislosti koncentrace CO_2 během skladování. Hodnoty CO_2 se po dobu deponace mírně snížily, důvodem by mohla být netěsnost obalu. I tyto hodnoty jsou zanedbatelné a běžného spotřebitele se nedotknou. Obr. 7 Závislost stability pěny. Pěna je

pro konzumenta jedním z významných kritérií, a proto je důležité, aby nedocházelo ke změně její stability ani během stárnutí piva. V tomto experimentu bylo potvrzeno, že po stanovenou dobu trvanlivosti se rozdíl mezi naměřenou počáteční a konečnou hodnotou je 10 s a kvalitativní parametr proto není ovlivněn.

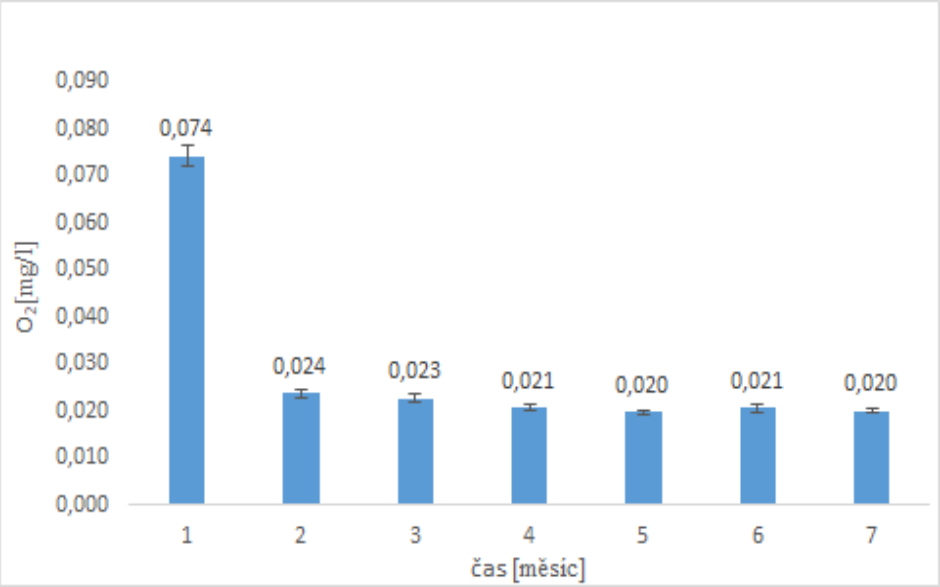


Obrázek 6 Závislost koncentrace CO2 [%w/w] na čase.



Obrázek 7 Závislost pěnivosti [s] na čase.

Obr. 8 Sledování závislosti obsahu O_2 na době skladování se ukázalo důležité v rozmezí mezi prvním a druhým měřením. Po spotřebování O_2 je jeho hodnota konstantní a již se nemění.



Obrázek 8 Závislost množství O2 [mg/l] na čase.

Po ukončení měření stanovených kvalitativních parametrů následovalo senzorické posouzení vybraných vzorků. Komise 10 hodnotitelů posuzovali vzorek piva s 10 % EPM na celkový subjektivní dojem daného piva podle míry senzorických vlastností takto:

1. mimořádně dobrý vzorek
2. velmi dobrý vzorek
3. dobrý vzorek
4. dosti dobrý vzorek
5. prostřední vzorek
6. dosti špatný vzorek
7. špatný vzorek
8. velmi špatný vzorek
9. mimořádně špatný vzorek

Senzorické vlastnosti zahrnovaly charakteristiku celkové intenzity vůně a také hodnocení cizí vůně, hodnocení řízu piva, hořkosti (doznívání a intenzitu) a hodnocení cizí chutě a její intenzitu.

Tabulka 12 Senzorické hodnocení 10 % EPM v láhvi.

Senzorika	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
Hodnotitel 1	2,0	3,0	3,0	4,0	3,5	4,0	4,0
Hodnotitel 2	2,0	3,0	3,0	4,0	3,5	4,0	4,5
Hodnotitel 3	3,0	2,0	3,5	3,5	3,5	4,0	4,0
Hodnotitel 4	2,5	3,0	3,0	4,0	4,0	5,0	5,0
Hodnotitel 5	2,5	3,0	3,0	3,5	4,0	4,0	4,0
Hodnotitel 6	2,0	3,0	3,5	3,5	3,0	4,0	4,0
Hodnotitel 7	2,0	3,0	3,5	4,0	3,5	4,0	4,5
Hodnotitel 8	3,0	2,0	3,0	3,5	4,0	4,0	4,0
Hodnotitel 9	2,0	3,0	3,0	4,0	3,5	4,5	4,5
Hodnotitel 10	2,5	3,0	3,5	4,0	3,0	4,0	4,0

Vybraný vzorek k experimentu (tab.12) byl hodnocen v prvním měsíci jako velmi dobrý, na konci DMT již toto hodnocení vlivem probíhajících změn piva bylo posouzeno jako dosti dobrý.

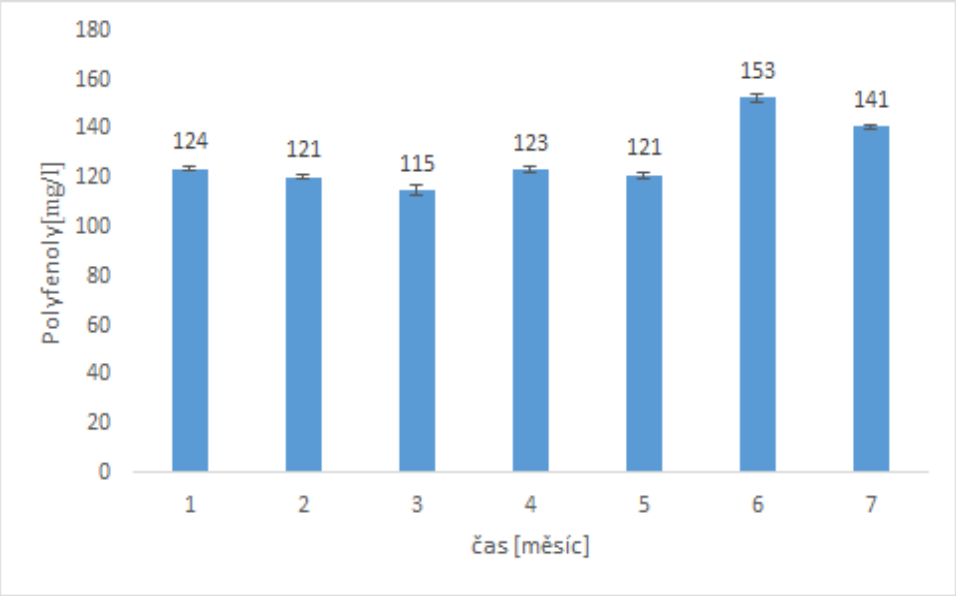
Druhým sledovaným vzorkem byl vzorek lahvového piva s EPM 11 % u kterého byly sledovány ty stejné kvalitativní faktory. Zjištěné výsledky byly vyneseny do grafů.

Tab. 13 Ukazuje vstupní hodnoty kontrolního měření po filtraci piva a před stáčením. Rozdíl mezi hodnotami je minimální, a proto bylo pivo ovlivněno jen v malé míře poklesem CO_2.

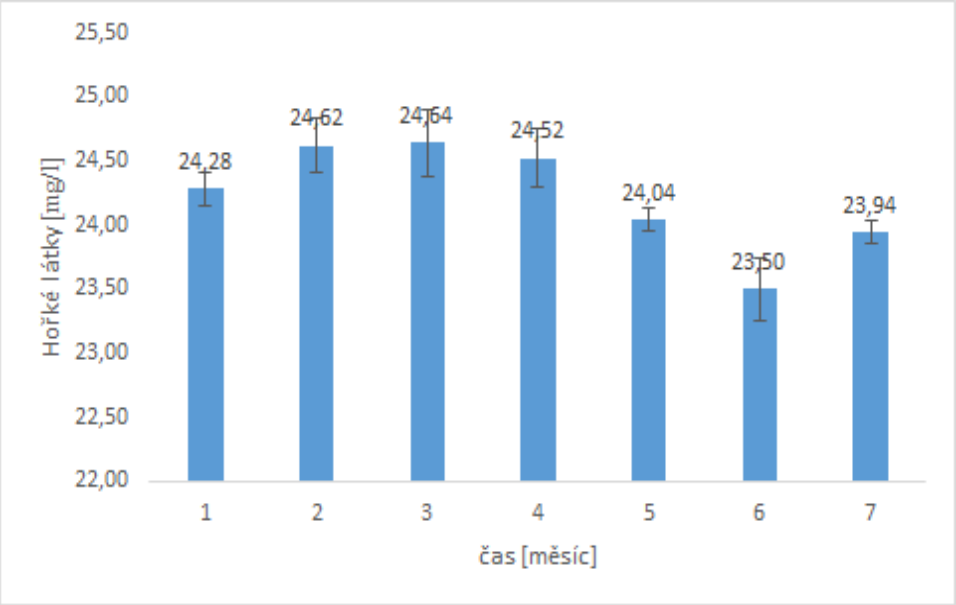
Tab. 9 Závislost množství polyfenolů na čase pro vzorek s 11 %EPM byl do 6. měření téměř konstantní a množství polyfenolů se měnilo minimálně. Změna nastala při 6. měření, kdy se množství polyfenolů zvýšilo o 26,4 %. Poslední měření potvrdilo zvýšené množství u sledovaného parametru.

Tabulka 13 Hodnoty kontrolních měření před stočením do lahví.

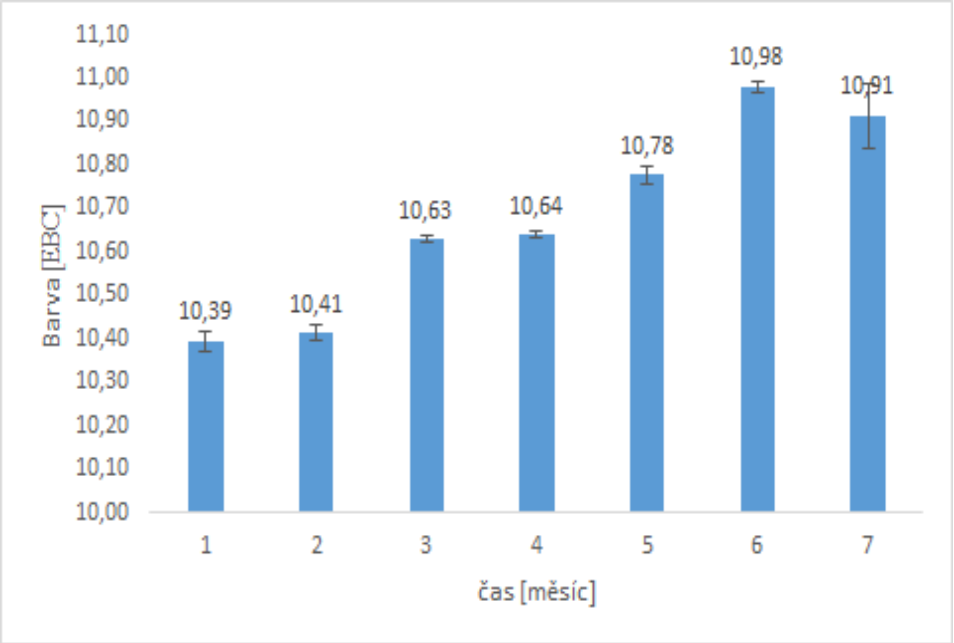
Přetlačný tank 11 %EPM	**CO_2 [% w/w]**	**O_2 [g/l]**	**Barva [EBC]**	**Čirost 90°/25° [EBC]**
P 10	0,56	0,11	10,50	0,24/0,1
CISTERNA	0,55	0,17	10,46	0,28/0,10
HODNOTA PŘI STÁČENÍ	0,54	0,04	10,50	0,24/0,1



Obrázek 9 Závislost množství polyfenolů [mg/l] v čase.

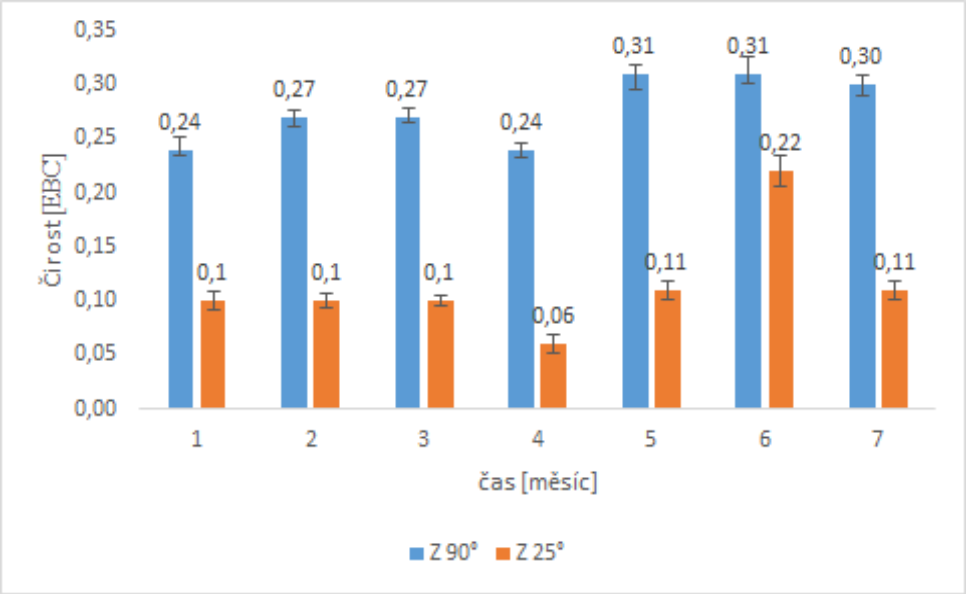


Obrázek 10 Závislost množství hořkých látek [mg/l] na čase.

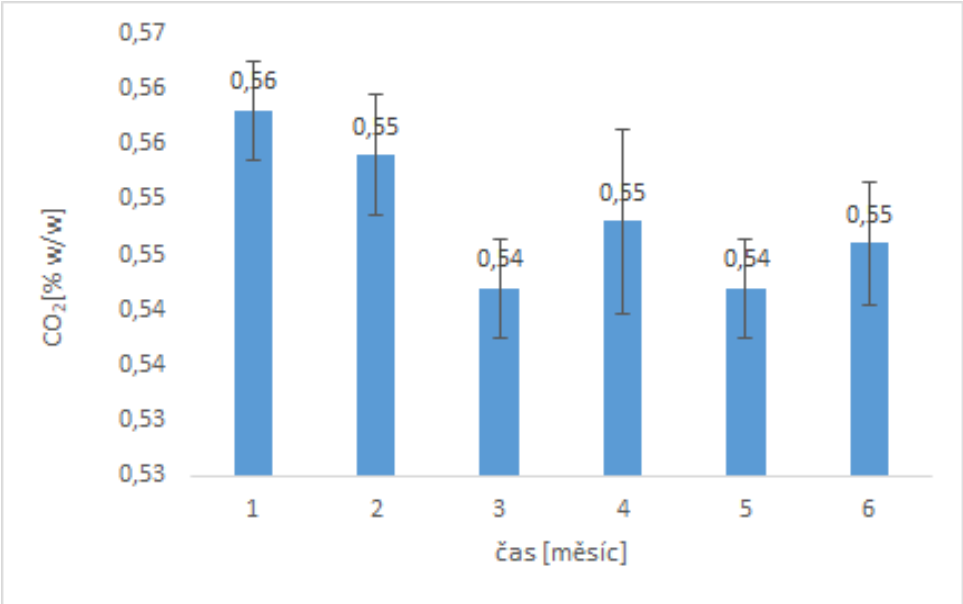


Obrázek 11 Závislost barvy [EBC] na čase.

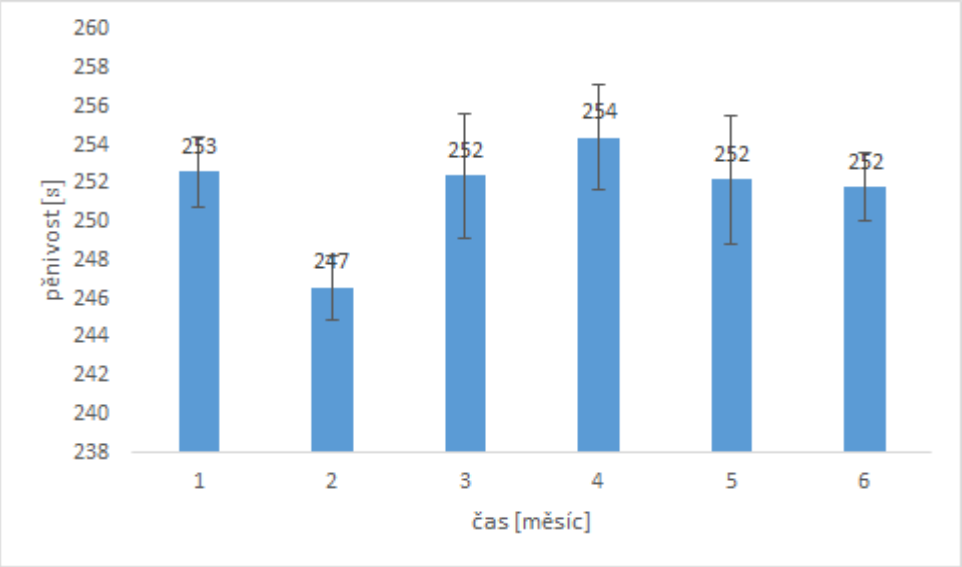
Obr.10 Sledovaným ukazatelem v tomto grafu je změna hořkých látek během doby skladování, u kterých došlo k mírnému snížení. Toto snížení není, ale prokazatelné a pro potvrzení by bylo potřebné další měření, které by vyvrátilo chybu měření. Obr.11 V grafu je zobrazena změna barvy závislá na čase. Během měření se potvrdilo, že skladováním došlo ke vzniku barevných změn, které ale nedosahují hodnoty postřehnutelné okem. Obr.12 Graf zobrazuje závislost čirosti během doby skladování. Při tomto stanovení nedošlo ke změně. Vstupní hodnota Z 90° 0,32 EBC a Z 25°0,1 EBC konečná hodnota odpovídá počátečnímu měření. Obr.13 Závislost CO_2 na čase. I při sledování obsahu CO_2 u vzorku s 11 % EPM bylo jeho mírně množství sníženo. Obr. 14 Sledování stability pěny u 11 %EPM. Sledovaný vzorek piva vykazuje malé snížení pěnivosti, které je ovšem do 10 s, což se může považovat za zanedbatelné. Obr. 15 Graf ukazuje vývoj závislosti obsahu O_2 na čase. O_2 je kvalitativní parametr a cílem je jeho nejnižší množství po celou dobu výroby. Z tohoto experimentu vyplívá, že nejvyšší množství je po stočení do láhve a po 1 měsíci dojde k jeho reakci s ostatními složkami a jeho množství se sníží a zůstává konstantní po dobu trvanlivosti.



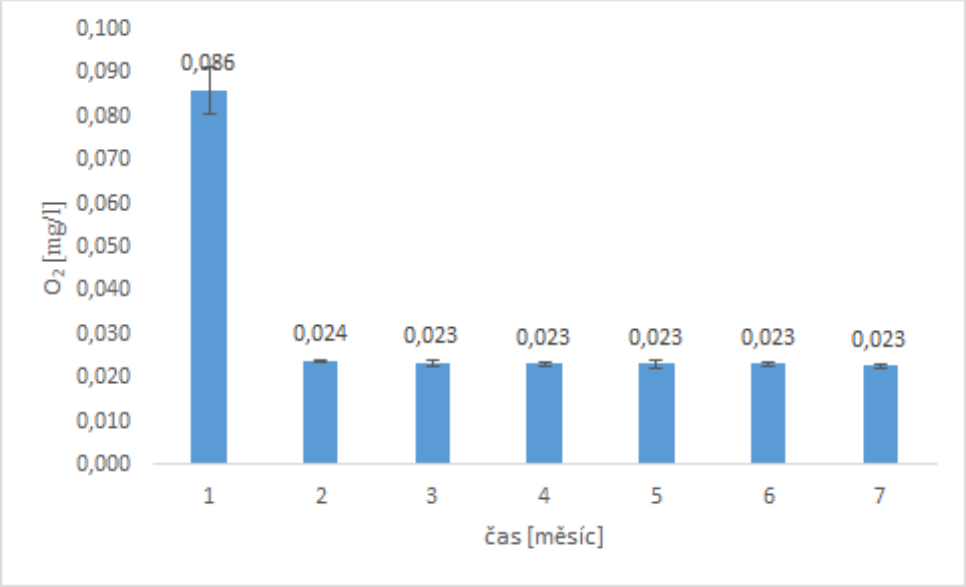
Obrázek 12 Závislost čirosti [EBC] na čase.



Obrázek 13 Závislost koncentrace CO2 [%w/w] na čase.



Obrázek 14 Závislost pěnivosti [s] na čase.



Obrázek 15 Závislost množství O2 [mg/l] na čase.

V tabulce 14 je zdokumentován proces hodnocení senzoriky u piva s 11 % EPM. U tohoto vzorku byl celkový subjektivní dojem posouzen v počínající fázi experimentu. Pivo se jevilo na začátku jako velmi dobré před koncem DMT však bylo ohodnoceno dojmem Prostřední vlivem narůstajících degradačních změn.

Tabulka 14 Senzorické hodnocení 11 % EPM v láhvi.

Senzorika	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
Hodnotitel 1	2,0	2,0	3,5	3,0	3,5	4,5	5,0
Hodnotitel 2	2,5	2,5	3,5	4,0	4,0	5,0	5,5
Hodnotitel 3	2,5	2,5	3,5	3,5	3,5	5,5	5,5
Hodnotitel 4	2,5	2,5	3,5	3,5	4,5	5,0	5,0
Hodnotitel 5	2,0	2,0	3,0	4,0	3,5	4,5	4,5
Hodnotitel 6	2,0	4,5	3,5	4,0	4,0	5,0	5,0
Hodnotitel 7	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
Hodnotitel 8	2,0	2,0	3,0	4,0	4,5	4,5	4,5
Hodnotitel 9	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	5,0
Hodnotitel 10	2,0	2,0	3,5	4,0	4,0	4,5	4,5

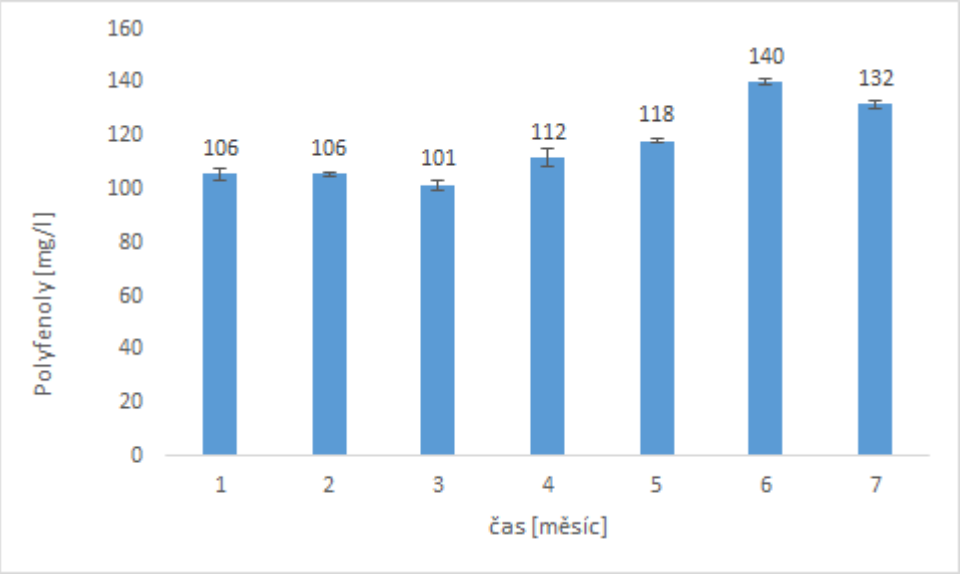
Dalším experimentálně sledovaným vzorkem byl vzorek s 11,5 % EPM. Vstupní hodnoty CO_2 a O_2 jsou zobrazeny v tab. 15.

Tabulka 15 Hodnoty kontrolních měřen před stáčením.

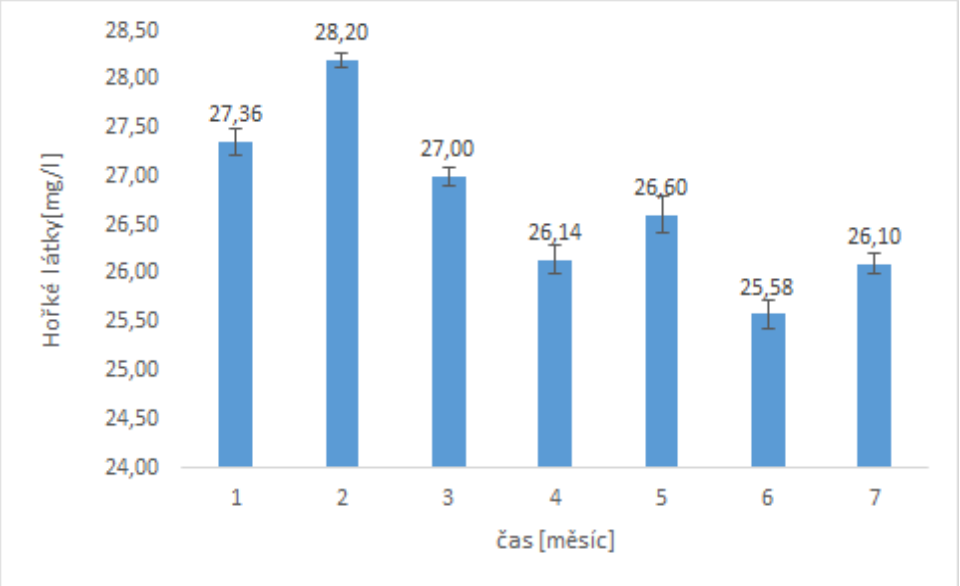
Číslo přetlačného tanku	**CO_2 [% w/w]**	**O_2 [g/l]**	**Barva [EBC]**	**Čirost 90°/25° [EBC]**
P 9	0,55	0,09	10,5	0,28/0,2
CISTERNA	0,53	0,17	10,46	0,28/0,22
HODNOTA PŘI STÁČENÍ	0,54	0,04	10,5	0,32/0,2

Dlouhodobé sledování polyfenolů je vyobrazeno v grafu obr.16. Sledováním množství polyfenolů bylo zjištěno jejich zvýšení, které ve vzorku byly po stočení ve stanoveném množství 106 mg/l a na konci trvanlivosti jejich množství dosáhlo naměřených hodnot 132 mg/l.

Obr. 17 ukazuje závislost hořkých látek. Jejich množství se během skladování i přes dodržení skladovacích podmínek během pokusu snížilo o 1,3 mg/l.

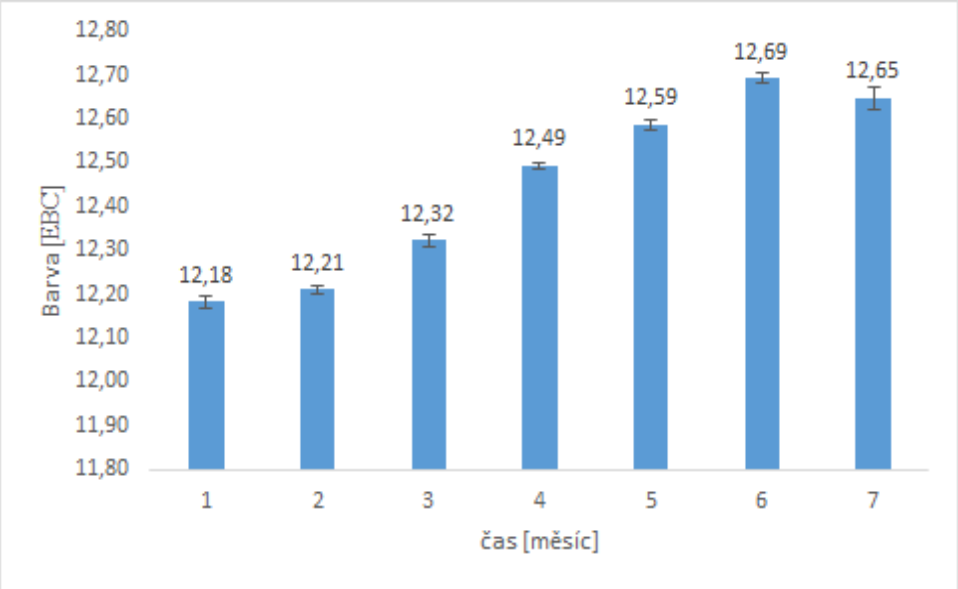


Obrázek 16 Závislost množství polyfenolů [mg/l] v čase.

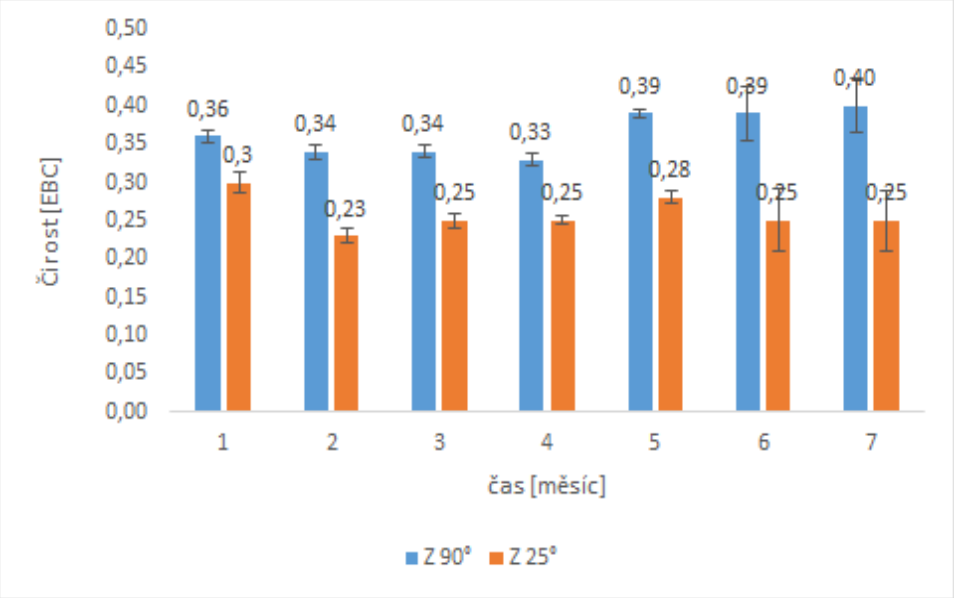


Obrázek 17 Závislost množství hořkých látek[mg/l] na čase.

Obr. 18 Zobrazený graf ukazuje barevnou změnu během experimentu. Barva piva se každý měsíc mírně zvýšila, což potvrdilo působení vlivu stárnutí i za vhodných podmínek skladování. Obr. 19 Závislost čirosti na čase. Tento kvalitativní ukazatel byl po dobu měření téměř nezměněn a vliv stárnutí projevující se zákalem nebyl pozorován.



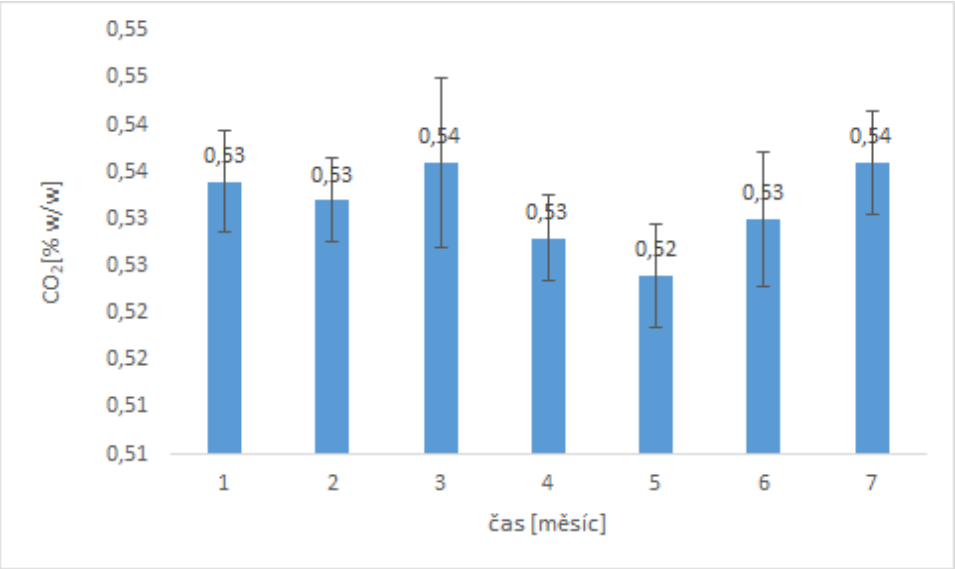
Obrázek 18 Závislost barvy [EBC] na čase.



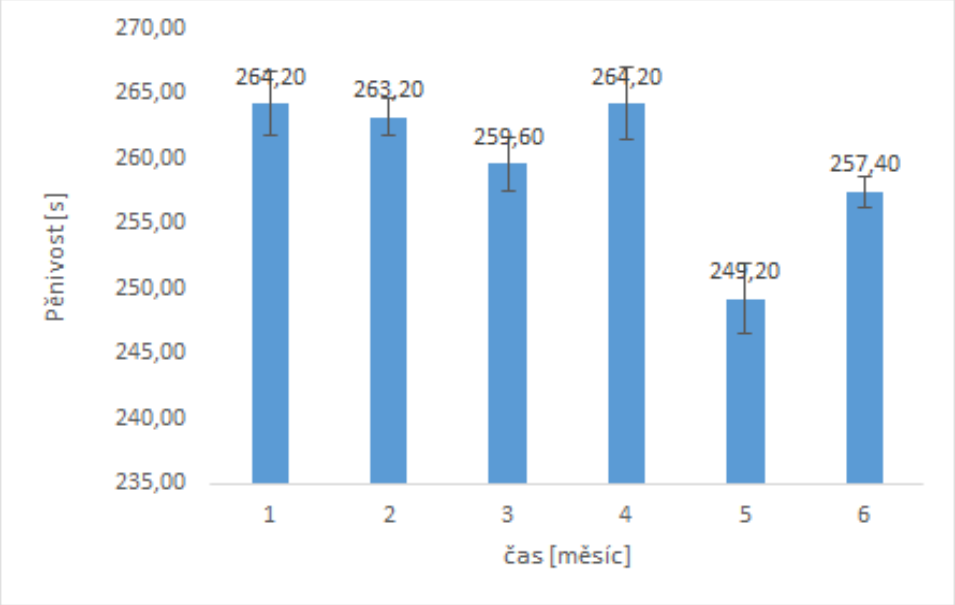
Obrázek 19 Závislost čirosti [EBC] na čase.

Obr. 20 Grafické znázornění koncentrace CO_2 ve sledovaných vzorcích piva. Naměřené hodnoty kolísaly v průběhu skladování, což se jeví jako technologický problém netěsnosti obalu. Na obr. 21 závislost pěnivosti na čase jsou znázorněny hodnoty měření, které se projevují s klesající tendencí, rozdíl v měření počátečního a konečného vykazuje hodnotu vyšší než 10 sekund, a to ukazuje na mírné zhoršení měřeného parametru. Pro potvrzení by bylo vhodné udělání kontrolního měření. Obr. 22 Závislost O_2 na čase. Při tomto stanovení

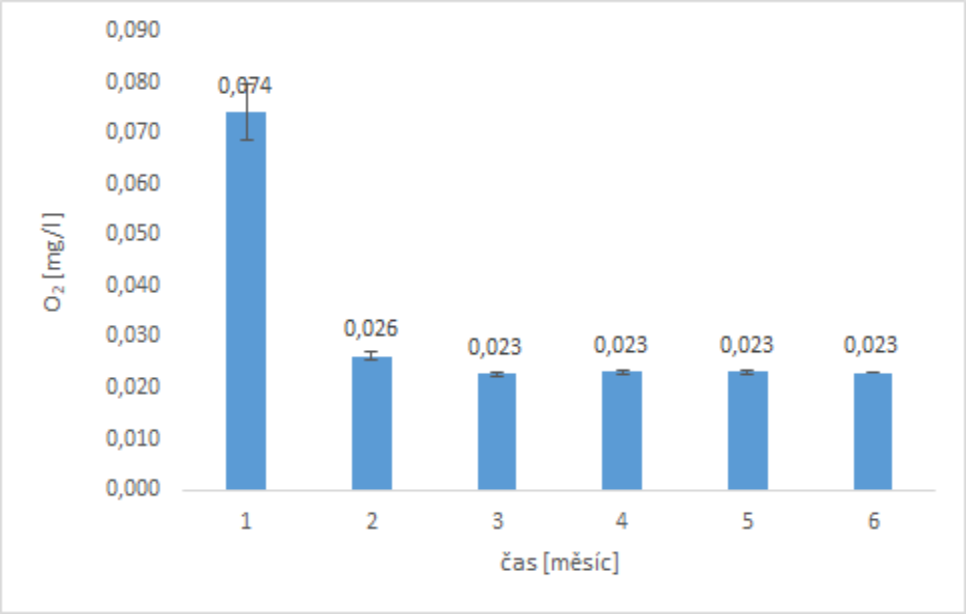
došlo po prvním měření k velkému snížení obsahu O_2 a následně se již tato hodnota nesnižovala.



Obrázek 20 Závislost koncentrace CO2 [%w/w] na čase.



Obrázek 21 Závislost pěnivosti [s] na čase.



Obrázek 22 Závislost množství O2 [mg/l] na čase.

Tabulka 16 Senzorické hodnocení 11,5 % EPM piva v láhvi.

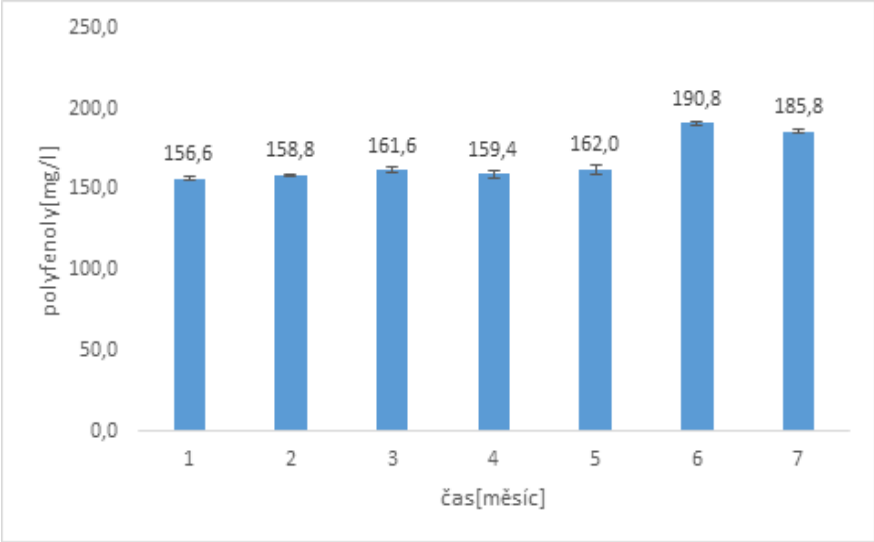
Senzorika	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
Hodnotitel 1	2,0	2,5	4,0	4,5	4,0	5,0	5,5
Hodnotitel 2	2,0	3,5	4,0	3,5	5,0	5,0	5,5
Hodnotitel 3	2,0	2,5	3,5	4,0	4,0	5,5	6,0
Hodnotitel 4	2,0	2,5	3,0	4,5	4,5	5,0	5,0
Hodnotitel 5	2,0	2,5	3,5	4,0	3,5	4,5	4,5
Hodnotitel 6	2,0	2,5	3,0	3,5	3,0	4,5	5,0
Hodnotitel 7	2,5	3,0	3,0	3,0	3,5	4,5	5,0
Hodnotitel 8	2,0	3,0	3,0	3,5	4,0	5,0	5,5
Hodnotitel 9	2,0	2,5	3,5	4,0	4,0	5,0	5,0
Hodnotitel 10	2,0	3,0	3,5	4,0	4,0	4,5	5,5

U vzorku 11,5 % EPM (tab. 16) docházelo k razantnějším senzorickým změnám, Tento vzorek po stočení byl hodnocen jako velmi dobrý, ale před koncem DMT již vykazoval značnou oxidaci ve vůni a hořká chuť se jevila jako hrubá.

Posledním vzorkem experimentu je pivo s hodnotou 12 %EPM. Počáteční hodnoty piva jsou zobrazeny v tab. 17, kde je vystihnuto, měření kvalitativních ukazatelů po filtraci, tak i během stáčení.

Tabulka 17 Hodnoty kontrolních měřen před stáčením 12 % EPM.

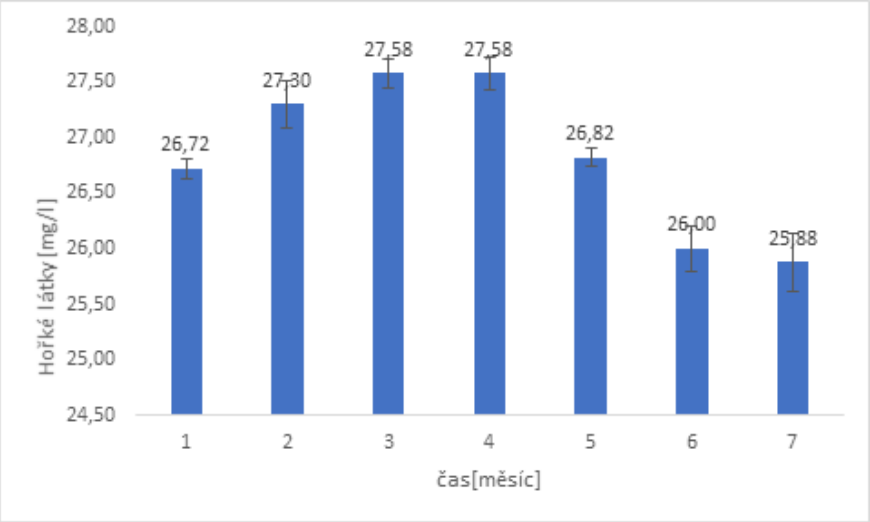
přetlačný tank	**CO_2 [% w/w]**	**O_2 [g/l]**	**Barva [EBC]**	**Čirost 90°/25° [EBC]**
T7	0,55	0,09	10,50	0,28/0,2
CISTERNA	0,53	0,17	10,46	0,28/0,22
HODNOTA PŘI STÁČENÍ	0,54	0,04	10,50	0,32/0,2



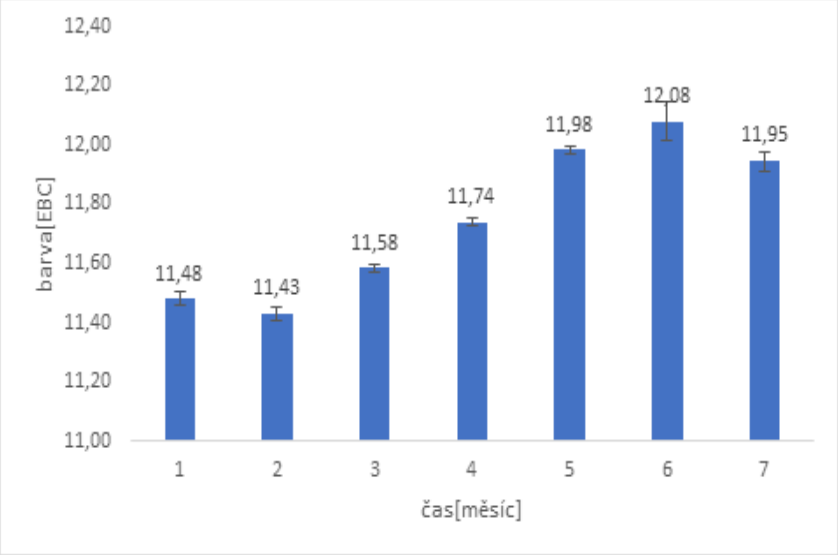
Obrázek 23 Závislost množství polyfenolů [mg/l] v čase.

Na obr. 23 je vidět změnu v množství polyfenolů, jejíž množství do 5.měření bylo stále stejně vysoké. V 6. a 7. měření došlo k jejich zvýšeni přibližně o 19 %. Naopak v hodnocení hořkých látek obr. 24 je patrný úbytek hořkých látek, způsobený oxidací a rozpadu nestabilních trans forem. Obr. 25 Závislosti změny barvy na čase bylo prokázáno, že barevná změna nastala při třetím měření. Vzestup hodnot by mohl být způsoben oxidačními reakcemi a vznikem melanoidů a dalších barevných produktů. Ale i tak jsou tyto změny minimální a bez měřících přístrojů nerozpoznatelné. Hodnoceni parametru z obr. 26 závislost čirosti na čase je vidět mírně vzrůstající hodnoty čirosti ovšem i tyto hodnoty jsou ucházející a zařazeny mezi vyhovující.

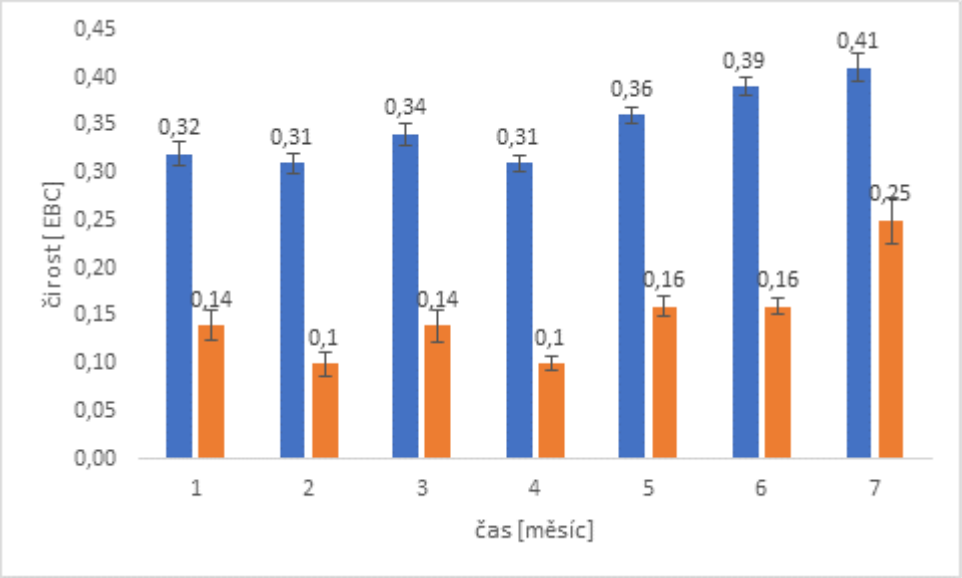
.



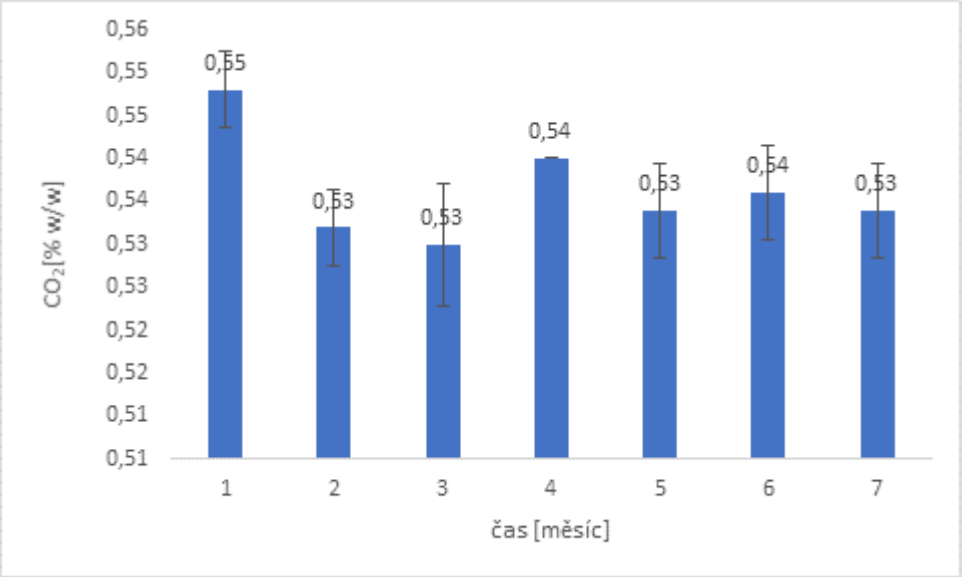
Obrázek 24 Závislost množství hořkých látek[mg/l] na čase.



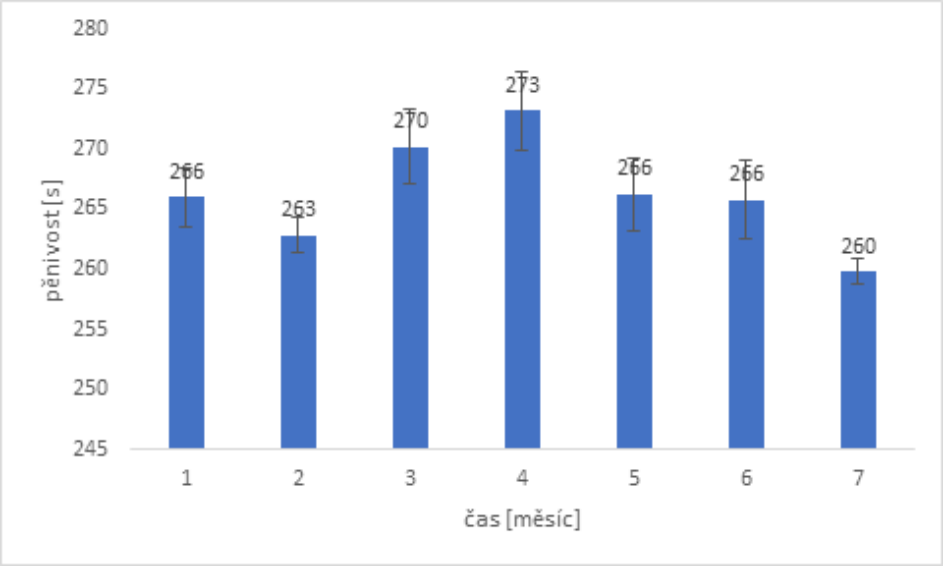
Obrázek 25 Závislost barvy [EBC] na čase.



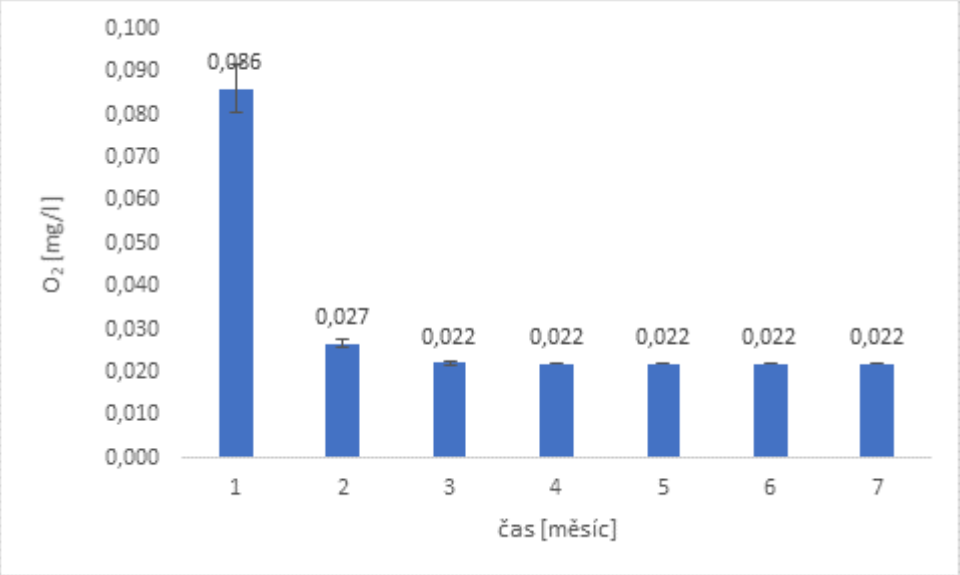
Obrázek 26 Závislost čirosti [EBC] na čase.



Obrázek 27 Závislost koncentrace CO2 [%w/w] na čase.



Obrázek 28 Závislost pěnivosti [s] na čase.



Obrázek 29 Závislost množství O2 [mg/l] na čase.

Vzorek s 12 % EPM byl ze všech vybraných vzorků při prvním hodnocení nejlépe ohodnocen. Jeho celkový subjektivní dojem dosáhl hodnoty velmi dobrý až mimořádně dobrý. Vlivem stárnutí ovšem došlo senzorickým změnám a na závěr již byl hodnocen jen jako dosti dobrý.

Tabulka 18 Senzorické hodnocení 12 % EPM piva v láhvi.

Senzorika	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
Hodnotitel 1	1,5	2,0	4,0	3,5	4,0	4,0	4,5
Hodnotitel 2	1,5	2,0	3,5	3,0	3,5	4,0	4,0
Hodnotitel 3	1,5	2,0	3,5	3,5	4,0	4,5	4,5
Hodnotitel 4	2,0	2,0	3,0	3,5	4,5	4,0	4,0
Hodnotitel 5	2,0	1,5	3,0	3,0	3,5	3,5	3,5
Hodnotitel 6	1,5	2,0	3,0	3,0	4,0	4,0	4,0
Hodnotitel 7	1,5	1,5	2,5	2,5	3,5	4,0	4,5
Hodnotitel 8	2,0	2,0	3,0	3,5	4,0	4,5	4,5
Hodnotitel 9	1,5	2,0	3,5	3,5	4,0	4,5	4,5
Hodnotitel 10	1,5	2,0	3,0	3,5	3,5	4,0	4,0

Obr. 27 ukazuje vývoj obsahu CO_2 i při hodnocení tohoto produktu došlo ke snížení množství CO_2, i když toto snížení nevykazuje vysoké ztráty. Na řízu piva by tento úbytek neměl mít vliv. Piva s obsahem vyšším jak 0,45 %[w/w] jsou podle trendu hodnocena kladně a spotřebitel nevnímá tyto hodnoty jako nedostatečné. Obr. 28 závislost pěnivosti dokumentuje vývoj stability pěny, mezi jednotlivým měřením byl rozdíl 10 s, což je zanedbatelná hodnota z důvodů měsíčního rozestupu měření.

Tvorba pěny, její stabilita a struktura ovlivňuje dobu po kterou je součástí piva, množství různorodých bublin. Jejich množství přímo souvisí s obsahem CO_2. U vzorku piva s 12 % EPM bylo experimentálně zkoumána pěnivost po dobu skladování. Vzorky vykazovaly změny pěnivosti mezi jednotlivým měřením po měsíčním intervalu. Tyto rozdíly nebyly větší než 10 s. V časovém rozestupu je tento rozdíl vyhovující. Obr.29 Tento graf znázorňuje závislost rozpuštěného kyslíku na čase. Jeho množství se ukazuje jako rozhodující v prvních fázích výroby a v období skladování je již jeho odpovídající množství nedetekovatelné. Množství O_2 v láhvi je významný v prvním měsíci a během dalšího skladování se jeho obsah již dále nemění. Provzdušnění piva je významná technologická vada ve výrobě.

Tab. 18 na základě vyhodnocení hodnot měření, probíhalo i senzorické posouzení, které potvrdilo, že organoleptické změny ve vzorku s 12 % EPM jsou patrné již po 2. měsíci skladování v minimální míře a prodlužující se dobou skladování se tyto změny více projevovaly. Na konci trvanlivosti tento vzorek vykazoval výrazné oxidační změny, ale i tak byl zařazen do kategorie dosti dobý.

9 DISKUZE

Problematika výroby kvalitních potravin je měřítkem vyspělé společnosti. Kvalitní výrobek lze vyrobit jen za předpokladu použití kvalitních surovin, dodržení technologického postupu a správných podmínek skladování.

Vhodnými podmínkami lze zajistit kvalitu piva co nejdéle, ale i za těchto podmínek nelze plně eliminovat vliv stárnutí piva.

V praktické části experimentu byly sledovány základní kvalitativní faktory. Prvním z nich je množství polyfenolů. Do piva se polyfenoly dostávají vstupními surovinami, tj. sladem a chmelem. Během dalšího zpracování se vyloučí asi 30 % těchto látek do kalů a kvasnic. Při filtraci použitím stabilizace piva dochází ke snížení asi o 20 %. Jejich množství ve filtrovaném pivu je tak dosti poníženo. Běžné hodnoty jsou se v literatuře udávají v rozmezí 150 – 200 mg/l. [3]

U vybraných vzorků byly vykazovány hodnoty u 10 % EPM pod 100 mg/l (98,8 mg/l) a se zvyšující se hodnotou EPM těchto sloučenin přibývalo. U 12 % EPM hodnota polyfenolů 158 mg/l již dosahovala hodnoty popsané v literatuře. Po dobu skladování se množství polyfenolů výrazně neměnilo, zlom nastává v šestém a sedmém měření, kdy dochází u všech piv k růstu hodnot polyfenolů. Tento nárust lze odůvodnit vlivem interferujících látek, které vznikají rozkladem sacharidů, další vliv je nárůst jednotlivých antokyanů vlivem vzniklých oxidačních změn a jednoduchých polyfenolů, které dodávají vyšší barevnou reakci. Nastává polymerace, kdy hodnoty antokyanů poklesnou a zvýší se hodnoty celkových polyfenolů. [3,57,66]

Jedním z faktorů stárnutí piva je množství hořkých látek. Během skladování dochází k oxidačním pochodům, kdy nastává rozpad nestabilních trans forem a tím i k poklesu hořkých sloučenin. Stabilnější cis forma se nerozkládá a její obsah se nemění. U experimentálních vzorků piva docházelo k výkyvům hodnot měření, ale i tak je možné pozorovat mírný úbytek hořkých látek. Vlivem oxidace více chmelených piv dochází k degradaci hořkých látek ve zvýšeném množství. Za možným důvodem zvýšené oxidace by mohla být netěsnost obalu, kdy korunkový uzávěr nedolehne těsně na hrdlo láhve a tím umožní vniknutí kyslíku. Oxidaci vysoce chmelených piv lze posoudit v senzorické analýze.

Vnímáním barvy dochází k prvním reakcím u spotřebitele. Tento znak pochází z použitých surovin během výroby. Barva piva je vytvářena reakcemi jako Maillardovou reakcí, karamelizací a oxidací polyfenolů. Barvě se přiřazuje několik parametrů, které jsou přístrojově obtížně detekovatelné. Jsou to vjemy pro sytost a jas. [45]

Během experimentu docházelo k pravidelnému měření barvy, které potvrdilo začátek barevných změn již po prvním měsíci skladování, a to u všech zvolených vzorků a následně se hodnoty konstantně zvyšovaly. V posledním měsíci měření byla její velikost v průměru o 0,6 jednotek EBC vyšší.

Běžnou kontrolou piva související s kvalitou piva je hodnocení čirosti. Z pozice vnímání jde o míru zákalu, jenž souvisí s výskytem malých a větších nerozpustných částic které mohou způsobovat mikroorganismy, třísloblílkovinné kaly i zákaly způsobené únikem filtračního materiálu. Při pravidelné kontrole analyzovaných vzorků se míra zákalu jevila jako minimální, její hodnoty se běžně pohybovaly u měření drobných částic (Z90°) do 0,40 j.EBC a u velkých částic (Z25°) do 0,25 j.EBC. Po celou dobu měření byly tyto hodnoty v obou úhlech velice nízké, což dokazuje vysokou stabilitu čirosti i po skončení DMT. V literatuře se tato míra slovně vyjadřuje jako jiskrné pivo (0-0,5 j.EBC) pokud by hodnoty zákalu byly překročeny řadil by se produkt do třídy piv čirých (0,5-1 j.EBC). Hodnoty nad 1 EBC je možno postřehnout okem a tyto piva se označují jako opálová. [3,37,45]

Dalším parametrem je stanovení obsahu CO_2 v pivu. Množství CO_2 je ovlivněno již v procesu kvašení a dokvašování piva. Tento faktor bývá neustále kontrolován v celém technologickém procesu. Při skladování může docházet k jeho ztrátám z důvodu použití nevhodných obalových materiálů nebo technologickou závadou. V průběhu sledování docházelo ke snižování CO_2 u všech skladovaných vzorků, jeho pokles byl ale minimální. Pravděpodobně zapříčiněn netěsností kovové korunky. Pokles CO_2 během stárnutí piva nebyl prokázán.

Pivní pěna je konzumentem vnímána jako nedílná součást piva. Spotřebitel posuzuje vzhled pěny její výšku, strukturu a rychlost jejího rozpadu a ulpívání pěny na stěně sklenice. Na tvorbě pěny se podílí bílkoviny sladu, které reagují s hořkými kyselinami. U vybraných vzorků byla sledována i rychlost poklesu pivní pěny. (Vlivem stárnutí piva dochází k oxidačním reakcím, při kterých dochází ke snížení pěnivosti). V odborné literatuře je uváděno zvýšení pěnivosti při stárnutí piva v tomto experimentu, ale ke zvýšení pěnivosti nedošlo, pravděpodobně z důvodu krátké doby trvání experimentu. Hlavním důvodem změn probíhajících v pivu je vliv rozpuštěného kyslíku, který je při procesu výroby piva vnímán

jako negativní faktor. Cílem správného technologického postupu je snížit jeho obsah na minimum hodnoty rozpuštěného kyslíku. V tomto experimentu byly tyto hodnoty stanoveny již v počátku jako velmi nízké. Sledováním tohoto faktoru v láhvi, bylo prokázáno jeho výrazné snížení již po prvním měsíci skladování. Od druhého měření se ukazovaly hodnoty jako konstantní a neměnné. Z experimentu vyplývá, že rozhodující je množství kyslíku v počáteční výrobě piva, tj. po filtraci, stáčení [3]

V části senzorická analýza byly srovnány výsledky kvalitativních parametrů (CO_2, pěnivost, čirost a hořkost) s organoleptickými vlastnostmi (vůně, chuť), což jsou vjemy, které nelze nahradit ani fyzikálně chemickým měřením parametrů. U všech vybraných vzorků piv se projevil vliv stárnutí, i když veškeré negativní vlivy byly eliminovány. Senzorické hodnocení daných vzorků 10 %, 11,5 %, 12 % v posouzení na konci DMT bylo ohodnoceno v celku kladně hodnocením dosti dobrý. U piva s 11 % EPM toto hodnocení bylo nižší a pivo bylo zařazeno do třídy prostřední. Z daného experimentu vyznívá, že pivo je produkt určený brzké spotřebě. Jeho stárnutí počíná v posledních minutách jeho výroby. [68]

ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývala sledováním změn kvalitativních vlastností piva s rozdílnou stupňovitostí během skladování při dodržení vhodných skladovacích podmínek. Hodnocením těchto piv a jejich organoleptických vlastností.

Cílem práce bylo sledování probíhajících změn za dodržení vhodných podmínek skladování piva a posoudit nezvratné změny způsobené stárnutím piva. Na základě výsledků lze vyvodit následující závěry.

- Způsob skladování ovlivňuje organoleptické vlastnosti i fyzikálně chemické vlastnosti piva. U piva s vyšším podílem chmele jsou senzorické změny výraznější.
- Nejvíce docházelo k ovlivnění kvalitativních parametrů. Působením oxidačních změn došlo ke snížení senzorických ukazatelů. Probíhala změna barvy, změna polyfenolů, hořkých látek a obsahu CO_2 a O_2.
- Množství polyfenolů se na konci DMT zvýšilo probíhajícími reakcemi.
- Úbytek hořkých látek nebyl měřením prokázán, ale v senzorickém hodnocení byly změny patrné.
- Změnu v barvě lze pozorovat od prvního měsíce skladování.
- Čirost všech piv po dobu trvanlivosti byla téměř stabilní.
- Vliv kyslíku je zásadní při výrobě piva. Po filtraci dochází k jeho rozpouštění do produktu. Bylo prokázáno, že po jednom měsíci, již je zcela spotřebován na probíhající reakce.

Pro výrobu kvalitního výrobku je důležité zajištění správného technologického procesu nejen při výrobě, ale i při jeho skladování. Tak, aby si zachoval co nejdéle své kvalitativní parametry a organoleptické vlastnosti pro které je oblíbený.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

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

[2] PROKEŠ, J. Studium vlastností sladu hvozděného na jednolískovém laboratorním hvozdu. Kvasny Prum., 2000, vol. 46, iss. 6, p. 161-166.

[3] BASAŘOVÁ, Gabriela, Jan ŠAVEL, Petr BASAŘ a Tomáš LEJSEK. *Pivovarnictví: teorie a praxe výroby sladu*. 2010. Praha: VŠCHT Praha, 2010. ISBN ISBN: 978-80-7080-734-7
.

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

[5] [On line] [cit. 11.3.2020] https://onlinelibrary-wiley-com.proxy.k.utb.cz/doi/pdf/10.1002/jib.107

[6] BROŽOVÁ, Martina, Martin SLABÝ a Jaromír FIALA. Použití pšenice jako náhražky sladu. *Kvasný*. 2019, **1**(3/19), 26-28. ISSN 2571 - 3868.)

[7] ROTREKLOVÁ, Iva. *Technologie výroby speciálních sladů určených pro výrobu piva*. Brno, 2015. Diplomová práce. Vedoucí práce Ing. Tomáš Gregor, Ph.D.)

[8] BROŽOVÁ, Martina. Využití žita v pivovarnictví. *Kvasný*. 2019, **1**(6 /2019), 36 - 39. ISSN 2571-3868.

[9] BROŽOVÁ, Martina. Použití rýže jako náhražky sladu. *Kvasný*. 2019, **1**(5/19), 12-15. ISSN 2571 - 3868.)

[10] BROŽOVÁ, Martina. Použití kukuřice jako náhražky sladu. *Kvasný*. 2019, **1**(5/2019), 36 - 39. ISSN 2571-3868.

[11] BROŽOVÁ, Martina. Oves a jeho použití v pivovarnictví. *Kvasný*. 2019, **1**(6 /2019), 21 - 25. ISSN 2571-3868.

[12] Kolektiv autorů, Technologie výroby sladu a piva, ISBN 80- 902658-6-3), (Basařová G. a kol., Pivovarsko - sladařská analytika 1.

[13] [On line] [cit. 4.3.2020] http://doczz.cz/doc/79795/rámcová-metodika-národního-programu-konzervace-a-využívání

[14] MIKYŠKA, Alexandr, Tomáš VRZAL, Martin DUŠEK a Marie JURKOVÁ. Factors affecting the polyphenol compounds and antiradical activity of hops: Long-term study of Czech hop varieties. *Kvasny Prumysl* [online]. 2018, **64**(6), 323-330 [cit. 2020-03-25]. DOI: 10.18832/kp201839. ISSN 00235830. Dostupné z: http://kvasnyprumysl.cz/doi/10.18832/kp201839.html)

[15] [On line] [cit. 11.3.2020] http://www.czhops.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=46%3Achmelove-polyfenoly&catid=42%3Achmel-v-literature&Itemid=104&lang=cs

[16] [On-line] [cit. 2.3.2020] (https://docplayer.cz/6916416-Zatec-chmelarsky-institut-s-r-o-karel-krofta-hodnoceni-kvality-chmele-metodika-pro-praxi-4-08.html)

[17] Pivovarsko-sladařská analytika 2, Prof. Ing. Gabriela Basařová, DrSc. a kol).

[18] [On line] [cit. 11.3.2020] http://www.czhops.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=56&Itemid=63&lang=cs)

[19] [On line] [cit. 11.3.2020] http://www.bohemiahop.cz/cz/odrudy-chmele/87-odruda-zatecky-polorany-cervenak

[20] Kvasný průmysl 2018, ročník 64, číslo 6, str323 -330 -Mikyška A.,Vrzal T.,Dušek M, Jurková M.

[21] [On line] [cit. 11.3.2020] http://www.bohemiahop.cz/cz/odrudy-chmeleg/88-odruda-sladek

[22] [On line] [cit.11.3.2020] http://www.bohemiahop.cz/cz/odrudy-chmele/84-odruda-premiant

[23] [On line] [cit. 11.3.2020] http://www.bohemiahop.cz/cz/odrudy-chmele/kazbek

[24] [On line] [cit. 4.3.2020] http://www.kvasnyprumysl.cz/pdfs/kpr/1989/01/01.pdf)

[25] Bendová O., Kahler M., Pivovarské kvasinky. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1981

[26] Kvasný průmysl: odborný časopis pro výrobu nápojů a biochemické technologie

Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Praha ve spolupr. se Sahm, s. r. o. ISSN issn 0023-5830

[27] DOSTÁLEK, Pavel. Možnost genetické modifikace pivovarských kvasinek. Kvasný průmysl. 2017, 63/2017(6), 334.

[28] WANG, Jinjing, Huajian DING, Feiyun ZHENG, Yongxian LI, Chunfeng LIU, Chengtuo NIU a Qi LI. Physiological Changes of Beer Brewer's Yeast During Serial Beer Fermentation. Journal of the American Society of Brewing Chemists [online]. 2019, 77(1), 10-20 [cit. 2020-03-13]. DOI: 10.1080/03610470.2018.1546030. ISSN 0361-0470. Dostupné z: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03610470.2018.1546030)

[29] JOSEY, Maria, Dawn L. MASKELL a R. ALEX SPEERS. Impact of Artificially Induced Respiratory Deficient Yeast on Beer Flavor and Fermentation. Journal of the American Society of Brewing Chemists [online]. 2019, 77(1), 21-29 [cit. 2020-03-13]. DOI: 10.1080/03610470.2018.1561606. ISSN 0361-0470. Dostupné z: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03610470.2018.1561606

[30] ŠTĚRBA, Karel, Tomáš VRZAL a Jana OLŠOVSKÁ. Aromatické alkoholy a jejich výskyt v pivech. *Kvasný průmysl*. 2019, **4/2019**(1), 16.

[31] ŠTULÍKOVÁ, Kateřina, Petra KUBIZNIAKOVÁ a Dagmar MATOULKOVÁ. Amylolytická kvasinka. *Kvasný průmysl*. 2019, **4/2019**(4), 22.

[32] Košař. K, Technologie výroby sladu a piva. Praha: Výzkumný ústav pivovarsko-sladařský,2000. ISBN 80-902658-6-3)

[33] HLAVÁČEK, František. *Pivovarské kvasnice*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1958.

[34] [On line] [cit. 11.3.2020] https://docplayer.cz/1554661-4-3-technologie-vyroby-piva.html

[35] Mikulec. Filtrace v technologii výroby piva. Praha, 2016. Bakalářská práce. České vysoké učení technické, fakulta strojní.

[36] NIEMSCH, K. AND THEODOR, H. Aktuální problematika koloidního zákalu

piva. Kvasny Prum., 2006, vol. 52, iss. 1, p. 7-8.

[37] SLABÝ, M., ŠTĚRBA, K. AND OLŠOVSKÁ, J. Filtrace piva - review. Kvasny Prum., 2018, vol. 64, issn. 4, p. 173-184.

[38] Delphine Callemien and Sonia Collin, Journal of Agricult and Food Chemistry 2007 55(22), 9066-9073, DOI: 10.1021/jf0716230

[39] Sladařství: Biochemie a technologie sladu. Praha: SNTL, 1975. Řada potravinářské literatury.

[40] PROKEŠ, J., VACULOVÁ, K. AND MILOTOVÁ, J. Vybrané sladovnické parametry nových přírůstků z kolekce genetických zdrojů jarního ječmene. Kvasny Prum., 2007, vol. 53, iss. 6, p. 162-167.

[41] PROKEŠ, J. Technologický význam dusíkatých látek v ječmeni a sladu. Kvasny Prum., 2000, vol. 46, iss. 10, p. 277-279.

[42] MIKYŠKA, A., VRZAL, T., DUŠEK, M. AND JURKOVÁ, M. Faktory ovlivňující polyfenolové látky a antiradikálovou aktivitu chmele: Dlouhodobá studie českých odrůd chmele. Kvasny Prum., 2018, vol. 64, iss. 6, p. 323-330.

[43] [On line] [cit. 15.4.2020] https://is.cuni.cz/webapps/zzp/download/120186062 disertační práce 2015 UK RÝDLOVÁ, Iveta. Identifikace vybraných polyfenolových látek v extraktech léčivých rostlin. Praha, 2015. Diplomová práce. Karlova univerzita. Vedoucí práce Petr Rychlovský.

[44] [On line] [cit. 30.4.2020] http://eagri.cz/public/web/file/181166/ Cesky_chmel_2012_web.pdf blic

[45] ČERNOŠKOVÁ, Iveta. Vliv obalového materiálu na stárnutí piva. Zlín, 2018. Diplomová práce. UTB - Technologie potravin. Vedoucí práce Eva Lorencová.

[46] KROUPA, F. Složení chmelových pryskyřic a silic českého chmele. Kvasny Prum., 1995, vol. 41, iss. 11, p. 337-345.

[47] [On line] [cit. 11.3.2020] https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2018-

248?text=tabulka%201

[48] [On line] [cit. 11.3.2020] https://cs.wikipedia.org/wiki/Druhy_piv

[49] [On line] [cit. 11.3.2020] https://web.archive.org/web/20150402091225/http://www.zapivem.cz/encyklopedie/kategorizace-piva.html

[50] Kvasný průmysl: odborný časopis pro výrobu nápojů a biochemické technologie. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Praha ve spolupr. se Sahm, s. r. o. ISSN 0023-5830.)

[51] ŠTULÍKOVÁ, Kateřina a Miroslav DIENSTBIER. Zaměřeno na kyslík. *Kvasný*. 2019, (4), 32-35.

[52] [On line] [cit. 15.4.2020] http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2016_02_112-117.pdf

[53] Kvasný: Měření zákalu a hodnocení účinnosti filtrace. 2019, 1(5/19). ISSN 2571-3868.

[54] GABRIEL, P., DIENSTBIER, M., SLADKÝ, P. AND ČERNÝ, L. Využití dvouúhlového zákaloměru k rozlišení typu některých zákalotvorných částic. Kvasny Prum., 1994, vol. 40, iss. 7, p. 203-207

[55] GABRIEL, P. AND SIGLER, K. Přístroj pro monitorování změn barvy a zákalu nápojů přímo v komerčních lahvích. Kvasny Prum., 2018, vol. 64, iss. 5, p. 224-232.

[56] Vývoj koloidních zákalů světlého ležáku během stárnutí. *Kvasný průmysl* [online]. 2001, **47**(11-12), 322-326 [cit. 2020-04-04]. Dostupné z: https://www.kvasnyprumysl.cz/pdfs/kpr/2001/11/03.pdf

[57] SLADKÝ, P., CÍSAŘOVÁ, H., DIENSTBIER, M. AND GABRIEL, P. Vývoj koloidních zákalů světlého ležáku během stárnutí. Kvasny Prum., 2001, vol. 47, iss. 11-12, p. 322-327. viz. 4

[58] Karl J. Siebert, Nataliia V. Troukhanova, and, and Penelope Y. Lynn *Journal of*

Agricultural and Food Chemistry **1996** *44* (1), 80-85
DOI: 10.1021/jf9502459

[59] [On line] [cit. 29.4.20] https://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-30985-3_2, kvasný průmysl 4/2019 Šťulíková K,Kubizniaková P. Matoulková P. Amylolytická kvasinka

[60] [On line] [cit. 29.4.2020] https://blog.eckraus.com/determination-of-diacetyl-in-beer

[61] Pavel Novak, Michaela Postulkova, Marek C. Ruzicka & Tomas Branyik (2015) Novel Desaturation Cell to Quantify Gushing Intensity: A Preliminary Study on Model Solutions, Journal of the American Society of Brewing Chemists, 73:2, 185-189, DOI: 10.1094/ASBCJ-2015-0404-01

[62] [on line] [cit.30.4.2020] Piacentini, Karim C; Savi, Geovana D; Pereira, Maria E V; Scussel, Vildes M https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.04.101 https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814615006470?via%3Dihub

[63] 40 SIGRIST: *Optické měřící technologie SIGRIST pro aplikace v pivovarech*. [on-line]. [cit. 2020-4-11]. Dostupné z: http//www.technoprocur.cz/underwood/files/Sigrist_pivovary.pdf

[64] Kvasný 2/19[On line 18.4.2020] http://doi.org/10.1094/TQ-55-3-1205-01

[65] Firma Haffmans B. V. Návod k použití Digitální CO_2/O_2 Gehaltmetr typ-c DGM

[66] BASAŘOVÁ, Gabriela. *Pivovarsko-Sladařská analytika 3*. Praha: Merkanta, 1993.

[67] Firma Anton Paar, Návod k použití Density metr DMA 4500M, Alcolyzer Beer ME

[68] Olšovská J., Štěrba K., Slabý M., Frantík F., Čejka P.,*Senzorická analýza piva* Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský. 2017 ISBN 978-80-86576-74-9

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

CKT Cylindro-kónický tank

EPM Extrakt v původní mladině

IBU Mezinárodní jednotka hořkosti

MK Mastné kyseliny

ŽPČ Žatecký poloraný červeńák

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Dělení polyfenolových sloučenin. 25
Obrázek 2 Závislost množství polyfenolů [mg/l] v čase. 51
Obrázek 3 Závislost množství hořkých látek[mg/l] na čase. 51
Obrázek 4 Závislost barvy [EBC] na čase. 52
Obrázek 5 Závislost čirosti [EBC] na čase. 52
Obrázek 6 Závislost koncentrace CO2 [%w/w] na čase. 53
Obrázek 7 Závislost pěnivosti [s] na čase. 53
Obrázek 8 Závislost množství O2 [mg/l] na čase. 54
Obrázek 9 Závislost množství polyfenolů [mg/l] v čase. 56
Obrázek 10 Závislost množství hořkých látek [mg/l] na čase. 56
Obrázek 11 Závislost barvy [EBC] na čase. 57
Obrázek 12 Závislost čirosti [EBC] na čase. 58
Obrázek 13 Závislost koncentrace CO2 [%w/w] na čase. 58
Obrázek 14 Závislost pěnivosti [s] na čase. 59
Obrázek 15 Závislost množství O2 [mg/l] na čase. 59
Obrázek 16 Závislost množství polyfenolů [mg/l] v čase. 61
Obrázek 17 Závislost množství hořkých látek[mg/l] na čase. 61
Obrázek 18 Závislost barvy [EBC] na čase. 62
Obrázek 19 Závislost čirosti [EBC] na čase. 62
Obrázek 20 Závislost koncentrace CO2 [%w/w] na čase. 63
Obrázek 21 Závislost pěnivosti [s] na čase. 63
Obrázek 22 Závislost množství O2 [mg/l] na čase. 64
Obrázek 23 Závislost množství polyfenolů [mg/l] v čase. 65
Obrázek 24 Závislost množství hořkých látek[mg/l] na čase. 66
Obrázek 25 Závislost barvy [EBC] na čase. 66
Obrázek 26 Závislost čirosti [EBC] na čase. 67
Obrázek 27 Závislost koncentrace CO2 [%w/w] na čase. 67
Obrázek 28 Závislost pěnivosti [s] na čase. 68
Obrázek 29 Závislost množství O2 [mg/l] na čase. 68

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Přehled odrůd českých chmelů. 17
Tabulka 2 Výroba 10 % EPM. 38
Tabulka 3 Parametry 10 % EPM lahvového piva po stočení. 39
Tabulka 4 Výroba 11 % EPM. 40
Tabulka 5 Parametry 11 % EPM lahvového piva po stočení. 41
Tabulka 6 výroba 11,5 % EPM. 42
Tabulka 7 Parametry 11,5 % EPM lahvového piva po stočení. 43
Tabulka 8 Výroba 12 % EPM. 44
Tabulka 9 Parametry 12 % EPM lahvového piva po stočení. 45
Tabulka 10 Analytické hodnoty vzorků piva. 50
Tabulka 11 Hodnoty kontrolních měření před stáčením do lahví 10 % EPM. 50
Tabulka 12 Senzorické hodnocení 10 % EPM v láhvi. 55
Tabulka 13 Hodnoty kontrolních měření před stočením do lahví. 55
Tabulka 14 Senzorické hodnocení 11 % EPM v láhvi. 60
Tabulka 15 Hodnoty kontrolních měřen před stáčením. 60
Tabulka 16 Senzorické hodnocení 11,5 % EPM piva v láhvi. 64
Tabulka 17 Hodnoty kontrolních měřen před stáčením 12 % EPM. 65
Tabulka 18 Senzorické hodnocení 12 % EPM piva v láhvi. 69