

UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2012

Hana Nožičková

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická

Senzorické vlastnosti piva

Hana Nožičková

Bakalářská práce

2012

University of Pardubice
Faculty of Chemical Technology

Sensory properties of beer

Hana Nožičková

Bachelor thesis

2012

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Hana Nožičková**
Osobní číslo: **C09144**
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Hodnocení a analýza potravin**
Název tématu: **Senzorické vlastnosti piva**
Zadávací katedra: **Katedra analytické chemie**

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

1. Provedte literární rešerši zabývající se senzorickými vlastnostmi piva. Zaměřte se na látky způsobující tyto vlastnosti, jejich stanovení. Pokud bude možné, tak uveďte zdroje těchto látek v pivu.
2. Závěry kriticky zhodnoťte.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

Podle pokynů vedoucí práce.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petra Bajerová, Ph.D.**

Katedra analytické chemie

Konzultant bakalářské práce: **Ing. Aleš Eisner, Ph.D.**


Katedra analytické chemie

Datum zadání bakalářské práce: **20. února 2012**

Termín odevzdání bakalářské práce: **22. června 2012**


prof. Ing. Petr Lošťák, DrSc.
děkan

L.S.


prof. Ing. Karel Ventura, CSc.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 20. února 2012

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne

.....

Hana Nožičková

Děkuji Ing. Petře Bajerové, Ph.D. za odborné rady a pomoc při zpracování této bakalářské práce.

Dále bych ráda poděkovala svým rodičům za to, že mi studium umožnili a po celou dobu mě ve studiu podporovali.

ANOTACE

Bakalářská práce se zaměřuje na senzorické vlastnosti piva. Nejprve jsou popsány suroviny pro výrobu piva, poté samotná výroba a dále sensorika a její stanovení. Hlavní část je věnována původu chutí a vůní v pivu, ať už ze surovin, výrobního procesu nebo ze sekundární kontaminace. Nakonec jsou popsána analytická a senzorická stanovení látek v pivu.

Klíčová slova: Pivo
Senzorický
Vlastnosti
Analýza

ANNOTATION

The Bachelor thesis deals with Sensory properties of beer. At first in thesis are described materials for brewing, then itself brewing, sensory properties and their assessment. The main part deals with flavour and aroma of beer, which come from materials, brewing or from secondary contamination. Finally in thesis are described sensory assessments of substances in beer.

Key words: Beer
Sensory
Properties
Analysis

SEZNAM ZKRATEK

AAS	Atomová absorpční spektrofotometrie
ATP	Adenosintrifosfát
ASBC	American Society of Brewing Chemists
CKT	Cylindrokónický tank
DDD	Doporučená denní dávka
DNA	Deoxyribonukleová kyselina
DMS	Dimethylsulfid
DPP	Diferenční pulsní polarografie
EBC	European Brewery Convention
ECD	Detektor elektronového záchytu
EPM	Extrakt původní mladiny
FID	Plamenově ionizační detektor
FTIR	Fourtierova transformace infračervené spektroskopie
FT NMR	Základní nukleární magnetická resonance
GC	Plynová chromatografie
GLC	Chromatografie v systému plyn – kapalina
GSC	Chromatografii v systému plyn – pevná látka
HPLC	Kapalinová chromatografie
MBAA	Master Brewer's Association of the Americas
MS	Hmotnostně spektrometrický detektor
RNA	Ribonukleová kyselina
SBSE	Extrakce na míchací tyčince
SDME	Mikroextrakce na jedné kapce
SPE	Extrakce na tuhé fázi
SPME	Mikroextrakce na tuhé fázi
TCD	Tepelně vodivostní detektor
UV	Ultrafialová oblast
VIS	Viditelná oblast

OBSAH

1	ÚVOD	13
1.1	CO JE TO PIVO	13
1.2	HISTORIE VÝROBY PIVA.....	13
1.2.1	Historie pivovarského vzdělávání	14
2	SUROVINY POTŘEBNÉ K VÝROBĚ PIVA.....	16
2.1	Voda.....	16
2.1.1	Vliv iontů ve vodě na vlastnosti piva	17
2.1.2	Další látky obsažené ve vodě, které mají vliv na vlastnosti piva.....	18
2.1.3	Úprava vody před použitím k výrobě piva.....	18
2.2	Slad.....	19
2.2.1	Chemické složení sladu.....	19
2.2.2	Vliv podmínek skladování a pěstování na kvalitu sladu	21
2.2.3	Ječmen.....	21
2.3	Chmel.....	22
2.3.1	Skupiny látek obsažené v chmelových hlávkách	23
2.4	Pivovarské kvasnice	24
2.4.1	Provozní propagace kvasnic	24
2.5	Pomocné suroviny	25
3	VÝROBA PIVA	26
3.1	Výroba mladiny	26
3.2	Kvašení mladiny a dokvášení mladého piva	28
3.3	Závěrečné úpravy a stáčení zralého piva.....	30
3.3.1	Vůně a chuť vzniklé stárnutím piva	30
3.3.2	Hlavní sensoricky aktivní látky vznikající stárnutím piva.....	30
3.4	Druhy piv	31

4	CHEMICKÉ SLOŽENÍ PIVA.....	33
4.1	Vliv látek v pivu na zdraví člověka	33
4.2	Pozitivní a neutrální složky piva	34
4.3	Negativní složky piva	36
5	SENZORICKÉ VLASTNOSTI PIVA.....	39
5.1	Úvod do sensorické analýzy.....	39
5.2	Smysly pro vnímání sensorických vlastností	39
5.2.1	Chuť.....	39
5.2.2	Čich	40
5.3	Původ chutí a vůní v pivu	40
5.3.1	Základní organoleptické vlastnosti, které by pivo mít mělo	41
5.3.2	Příčiny vzniku nechtěných chutí a vůní, jejich stanovení a zamezení vzniku ...	42
5.3.3	Produkty Maillardovy reakce	49
5.4	Laboratorní analýza piva	50
5.4.1	Odběr a úprava vzorků před analýzou.....	50
5.4.2	Metody používané k přípravě a stanovení látek v pivu.....	50
5.4.2.1	Extrakční metody používané k přípravě vzorku.....	51
5.4.2.2	Chromatografické metody stanovující látky v pivu	54
6	Senzorická analýza piva.....	58
6.1	Druhy rozdílových testů	58
6.2	Zásady provádění a interpretace výsledků rozdílových testů	59
6.3	Technické podmínky pro sensorickou analýzu	60
6.4	Kruhové schéma	60
7	ZÁVĚR	63
8	SEZNAM LITERATURY	64

1 ÚVOD

Bakalářská práce se zabývá senzoricou analýzou piva. Práce vychází z popisu surovin, výroby piva, postupně přechází na chemické složení a prvky ovlivňující vlastnosti a senzoriku piva. Dále je popsáno senzoričké hodnocení a chemické rozborý. Celá výroba piva je vlastně snaha za působení fyzikálních podmínek a vhodných počátečních chemických vstupů udržet chemické procesy tak, aby výsledný produkt senzoričce vyhovoval.

Dané téma jsem si zvolila z důvodu, že pivo je jednou z nejvíce rozšířených potravin na světě a senzoričce jako taková je hlavním měřítkem pro marketing a prodej. Dalším důvodem bylo absolvování odborné přednášky s praktickou výukou – Senzoričce seminář na VÚPS Praha 11. dubna 2012. Nejvíce ovlivněna při výběru téma jsem byla otcem, který již po více než deset let amatérsky pivo vaří. Ráda bych se touto problematikou zabývala nadále a tím mu také pomohla jeho pivo zdokonalit.

Hlavním cílem práce je přiblížení zdrojů a postupů ovlivňující chuťovou a chemickou kvalitu piva.

1.1 CO JE TO PIVO

Pivo je slabě alkoholický nápoj, který se po staletí vyrábí z obilních sladů, vody a chmele za účasti mikroorganismů – pivovarských kvasinek. Obsahuje alkohol a oxid uhličitý. Pivo je přírodní produkt, tudíž se do něj nesmí přidávat chemické prostředky. Nejdůležitější vlastností piva je pěnovost, čirost, barva, vůně a chuť. Pivo je disperzní soustava různých sloučenin, kterých bylo do současné doby identifikováno přes 800. Navíc obsahuje ve formě koloidního roztoku různé makromolekuly, jako například, bílkoviny, nukleové kyseliny, sacharidy a lipidy. Chemické složení piva se mění dle typu piva, ale odchylky se mohou vyskytnout i v rámci jednoho typu vlivem kolísání mezi jednotlivými várkami. Některé složky pocházejí již ze surovin a procházejí celým pivovarským procesem beze změny. Většina z nich je ale výsledkem chemických a biochemických změn při sladování, rmutování, chmelovaru a hlavně kvašení. Další látky mohou vznikat až během skladování piva ve spotřebitelských obalech. [1, 2]

1.2 HISTORIE VÝROBY PIVA

Pivovarství je jeden z nejstarších oborů lidské činnosti sahající hluboko do historie života na naší planetě. Nejméně 7000 let před našim letopočtem byla Mezopotámie, nacházející se na území dnešního Iráku, osídlena nejstarší lidskou civilizací, Sumery. [9]

Mezopotámie je považována za kolébkou pivovarnictví. Sumerové již tehdy pěstovali různé obiloviny, především ječmen, pšenici a proso, které sloužily k přípravě chleba, ale zřejmě i kvašených nápojů, předchůdců dnešního piva.

Výroba piva se rozvíjela od velice primitivních postupů, které se používaly v každé domácnosti, kdy pivo sloužilo nejen jako nápoj, ale i jako základ pro různé pokrmy. Následovalo období řemeslné výroby, stále založené na empirické přípravě, kterou pouze aktivní sládci vypěstovali díky praktickým zkouškám a dalším úpravám technologie.

Velký pokrok v poznání složitých chemických, fyzikálních a biochemických procesů, které při výrobě piva probíhají, i postupné zdokonalování znalostí o mikrobiálních producentech tohoto nápoje (pivovarských kvasinkách) přinesly výsledky vědeckého bádání narůstající od konce 18. století. Tyto poznatky umožnily přechod pivovarství i přípravy sladu na průmyslovou výrobu. V té době české pivovarnictví výrazně ovlivňovalo vývoj tohoto oboru v celém světě, a to jak výbornou kvalitou surovin (sladovnického ječmene, sladu a chmele, které byly ve velké míře vyváženy), ale především produkcí piva specifických vlastností, které se snažili zahraniční výrobci napodobit.

Ve dvacátém století se výroba piva vypracovala, i přes určité stagnace v době hospodářských krizí a dvou světových válek, ve velmi moderní průmyslovou velkoprodukcí. Na našem území byly po druhé světové válce rozvoj a modernizace oboru pomalejší než v hospodářsky vyspělých státech vinou nepříznivých podmínek socialistického režimu. Investovalo se do těžkého průmyslu a na ostatní výrobní obory včetně pivovarnictví nebyly finanční prostředky poskytovány v potřebné míře. Je třeba připomenout odborné znalosti a zkušenosti tehdejších pivovarských pracovníků, kteří na zastaralých zařízeních byli schopni vyrábět kvalitní pivo, které by obstálo i v náročné konkurenci s výrobky moderních zahraničních pivovarů. Po ukončení socialistické éry v roce 1989, kdy začaly privatizované pivovary hospodařit se svými výdělky, a do pivovarů vstupoval zahraniční kapitál, byly české pivovary neuvěřitelně rychle zrekonstruovány a modernizovány na světovou úroveň, a přitom se stále udržely vyhraněné specifické analytické a organoleptické vlastnosti českého piva.

1.2.1 Historie pivovarského vzdělávání

Pracovníci v pivovarství si uvědomovali nutnost odborného vzdělávání pro zajištění výborné kvality sladu a piva, což bylo velkou předností českého pivovarnictví. Již ve středověku sladovnické cechy stanovily, že slad může vyrábět a pivo vařit jen sládek dobře k tomuto řemeslu vyškolený. Koncem 18. století (r. 1798) založil legendární český sládek

František Ondřej Poupě v Brně sladovnickou školu, čímž předstihl o sto let všechny podobné snahy v jiných zemích, a to v době, kdy na vysokých školách ještě nebyla zavedena diferenciací studijních oborů. Výuka se realizovala na dnešním Českém vysokém učení technickém v Praze. Od roku 1868 bylo v Čechách i středoškolské učiliště, sladovnická škola, nejdříve dvouletá, později čtyřletá. Tradice odborné výuky, dnes soustředěná na Ústavu kvasné chemie a bioinženýrství Vysoké školy chemicko-technologické v Praze, a výuky středoškolské na Střední průmyslové škole potravinářské technologie v Praze se udržela do dnes. České pivovarnictví má od roku 1887 i vlastní Výzkumný ústav pivovarnický a sladařský s pracovišti v Praze a od roku 1920 i v Brně. Zachovala se i tradice vydávání odborného pivovarského časopisu Kvas, který začal vycházet v roce 1873 a později byl přejmenován na Kvasný průmysl. Vzhledem k vývoji a podmínkám v českém pivovarnictví není divu, že již od minulých století působili čeští odborníci v pivovarech po celém světě a že v roce 2008 Evropská unie uznala výjimečnost vlastností českého piva a zapsala České pivo jako chráněné zeměpisné označení. [1, 7, 9]

2 SUROVINY POTŘEBNÉ K VÝROBĚ PIVA

2.1 Voda

Pivovarství patří mezi průmyslová odvětví s největší spotřebou vody. Voda k výrobě piva se nazývá voda varní. [3, 4]

Jako zdroje přírodních vod mají pivovary k dispozici vody spodní a povrchové. Vody obsahují rozpuštěné a suspendované látky. Rozpuštěné látky jsou ionizující soli v různém koncentračním zastoupení a rozpuštěné plyny (kyslík, dusík, oxid uhličitý, sulfan, amoniak, methan, oxid siřičitý a jiné). Suspendované látky mohou být řasy, zlomky rostlinných mikroorganismů, které mohou vodu zabarvovat a vyvolávat její zápach, dále nepatogenní i patogenní mikroorganismy, organické i anorganické kalící látky. Spodní vody obvykle obsahují v porovnání s povrchovými vodami méně organických látek a mikroorganismů, odlišný je i obsah rozpuštěných plynů, obsah iontových příměsí je vesměs vyšší, záleží na složení geologických vrstev, ze kterých voda pochází.

Voda má také různou tvrdost, jejíž původci jsou ionty kovů alkalických zemin, tj. Ca^{2+} a Mg^{2+} , popřípadě Sr^{2+} a Ba^{2+} . Tvrdost vody je využívané kritérium pro posouzení vhodnosti vody k určitým technologickým aplikacím. Uhličitanová tvrdost vody je přechodná, odpovídá obsahu hydrogenuhličitanů vápníku a hořčíku a lze odstranit varem. Neuhličitanová tvrdost vody je tvořena vápenatými a hořečnatými solemi kyselin sírové, chlorovodíkové, dusičné, dusité a jiných, které se varem nemění. Piva z příliš měkké vody bývají málo výrazná, tvrdé vody poskytují chuť drsnou až nelahodnou. V mnoha případech se voda pro výrobu piva upravuje na potřebný stupeň tvrdosti. Pro výrobu piva nejvíce vyhovuje měkká voda, jejíž poměr přechodné tvrdosti k tvrdosti stálé je 1:1. Piva z vod s poměrem přechodné tvrdosti ke stálé 1:2 jsou všeobecně lepší než piva z vod s převládající přechodnou tvrdostí.

Nejdůležitější kationty a anionty obsažené v přírodních vodách jsou:

kationty: H^+ , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} , Mg^{2+}

anionty: OH^- , Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , NO_3^- , NO_2^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , SiO_3^{2-} . [1, 2]

2.1.1 Vliv iontů ve vodě na vlastnosti piva

Voda ovlivňuje chuť piva. Obsah minerálních látek má také vliv na jakost piva. Soli obsažené ve varní vodě, hlavně je-li jich mnoho, se uplatňují také přímo svou chutí, a to nezávisle na pH.

- Síranové ionty (SO_4^{2-}) poskytují piva chuťově suchá a v reakci s uhličitany hořečnatými vzniká síran hořečnatý, který dává pivu nepříznivý charakter hořké chuti. Síranové ionty negativně ovlivňují chuť piva až při vyšších koncentracích. Dále jsou zdrojem oxidu siřičitého, který jako přirozený antioxidant má pozitivní význam v koloidní a sensorické stabilitě piva, ale je i substrátem pro tvorbu sulfanu. Síran vápenatý a hořečnatý zvyšují v reakcích s fosforečnany kyselost rmutů a sladů, sodné a draselné soli nemají na aciditu vliv.
- Křemičitanové ionty (SiO_3^{2-}) se chuťově uplatňují pouze tím, že mohou rušit kvašení a že podporují vznik koloidních zákalů v pivech, což se vyskytuje až při koncentraci nad 40 mg/l. Křemičitany obsažené v pivě pochází však vždy z větší části ze sladu, kdežto vodou se jich dostává do piva poměrně málo. Křemičitany sodné a hořečnaté se vyskytují ve vodách v koncentracích do 30 mg/l.
- Dusičnanový ion (NO_3^-) má ve vysokých koncentracích (nad 25 mg/l) zcela nepříznivý vliv na chuť piva. Negativní působení dusičnanů je intenzivnější ve vodách chudých na anorganické látky. Kromě toho se dusičnany při kvašení redukuje na dusitany.
- Dusitanový ion (NO_2^-) působí toxicky na kvasnice a reaguje s polyfenoly za vzniku červených barviv, které dávají pivu fenolovou příchut'.
- Chlorové ionty (Cl^-) podporují působení sladových amylas, poskytují piva jemnější a sladší chuť. Všeobecně se považují za chuťově neškodné i při vysokých koncentracích. Chlorid sodný zvyšuje plnost chuti piva, ale v koncentracích kolem 400 mg/l již působí slanou a drsnou chuť.
- Železnaté a železité ionty (Fe^{2+} a Fe^{3+}) mohou urychlovat degeneraci kvasnic. V pivech vznikají snadno koloidní zákal. Vyšší koncentrace zhoršuje kvalitu sladu, který má pak tmavší barvu, zpomaluje zcukření rmutů a způsobuje i přibarvení rmutů, mladiny a pěny piva, snižuje plnost chuti a charakter hořkosti piva. Toleruje se koncentrace 0,2 až 0,5 mg/l. Vliv manganu je obdobný, avšak mnohem silnější.

- Hořečnaté ionty (Mg^{2+}) jsou při vyšším obsahu chuťově škodlivé (síran hořečnatý). Pocházejí ze sladu, pouze třetina je z varní vody. Hořčík stimuluje při kvašení aktivitu kvasničných enzymů, např. peptidás.
- Sodné a draselné ionty (Na^+ a K^+) mají vždy nepříznivý vliv na chuť piva, a to od koncentrace 150 mg/l. Do piva přicházejí spíše ze sladu, ale i z varní vody. Sodík má důležitou roli při regulaci a transportu draslíku v metabolismu kvasinek. Draslík má inhibiční účinek na některé sladové enzymy při přípravě mladiny.
- Vápenaté a hořečnaté ionty (Ca^{2+} a Mg^{2+}) mají malý vliv na chuť piva, pouze vápenatý iont způsobuje nepříznivě hořkou chuť. Téměř žádné chuťové rozdíly nevznikají také vlivem chloridu vápenatého a hořečnatého a uhličitanu vápenatého a hořečnatého. [1, 6]

2.1.2 Další látky obsažené ve vodě, které mají vliv na vlastnosti piva

V přírodních vodách se mohou vyskytovat nejrůznější organické sloučeniny, jejichž koncentrace jsou legislativně omezeny. Nejčastěji se vyskytují huminové látky, které jsou sice zdravotně nezávadné, ale dávají vodě žlutou až hnědou barvu a mohou vyvolat nežádoucí chuťové změny vody nebo výrobků z ní. Nepříznivé je také používat vody, které byly kontaminovány chlorovanými uhlovodíky, které se vyskytují především v povrchových vodách jako kontaminanty z průmyslových aglomerací. Nežádoucí jsou rovněž fenoly, které způsobují nepříjemné pachy.

Dále mohou být v přírodních vodách přítomny plyny, především oxid uhličitý, kyslík, chlor a sulfan. Oxid uhličitý je důležitý pro zachování uhličitanů v roztoku. Kyslík je v běžných vodách obsažen v koncentraci 3 až 8 mg/l. V průběhu výroby piva se může ve vodě rozpouštět další kyslík, v přímé závislosti na teplotě a na možném přístupu vzduchu. To může následně nepříznivě ovlivnit koloidní i sensorickou stabilitu piva. [1, 2, 6]

2.1.3 Úprava vody před použitím k výrobě piva

Úprava všech druhů vod se provádí podle stupně znečištění třemi druhy operací:

- odstraněním suspendovaných látek,
- odstraněním nebo snížením nežádoucích rozpuštěných látek,
- odstraněním mikrobiální kontaminace.

Podle způsobu technického provedení čistících operací můžeme rozlišovat následující postupy:

- mechanické, které zahrnují usazování, odlučování, odstředování, filtraci a provzdušnění,
- fyzikální, ty jsou založeny na úpravě teploty, adsorpce, destilace a ozařování UV-paprsky,
- chemické, které využívají srážení, filtrace na měničích iontů, oxidačních a redukčních reakcí a přidávání různých činidel,
- biologické postupy se uplatňují především při úpravě odpadních vod.

V pivovarech se čištění vody obvykle provádí postupně pomocí několika operací, podle požadavku na kvalitu vody a podle míry znečištění zdroje. K základním úpravám vody v pivovarech patří mechanické čištění s následnou sedimentací a filtrací, odželezování, odmanganování, odstraňování oxidu uhličitého (odkyselování) a dezinfekce vody. [1, 2]

2.2 Slad

Slad je typickou surovinou pro výrobu piva, nejčastěji se vyrábí z Planého druhu ječmene (*Hordeum spontaneum*). Vliv sladu na jakost piva je obrovský. Některé vlastnosti sladu, jako barva, chuť, vůně (aroma), rozhodují přímo o typu piva, dále například složení extraktivních látek a stupeň rozštěpení bílkovin významně ovlivňují jakost. Slad nabývá svých charakteristických vlastností při sladování, některé jeho vlastnosti však závisí na vlastnostech použitého ječmene.

Celosvětově se vyrábí především světlé slady plzeňského typu pro světlá piva a tmavé slady mnichovského typu pro piva tmavá. [1]

2.2.1 Chemické složení sladu

Chemické složení sladu ovlivňuje průběh výroby piva, ale především jeho základní i specifické chemické, biochemické a organoleptické vlastnosti. Chemické složení sladu je uvedeno v tabulce číslo 1.

Tab. 1: Chemické složení sladu [1, 3]

Chemické látky:		Obsah:	Co ovlivňují:
Škrob (ve škrobových zrnech)	amylosa	17 - 24%	
	amylopektin	76 – 83 %	
Vlhkost	voda	3,5% - světlé slady 2,0% - tmavé slady	zvýšená vlhkost je příznivá pro mletí (elastičnost pluch)
Dusíkaté látky (proteiny)	albuminy	12,1%	přispívají k plnosti chuti piva, stabilitě pěny, tvorbě barvy
	globuliny	8,4%	
	prolaminy	25%	
	gluteliny	54,5%	
Neškrobové polysacharidy	celulosa	4 – 7%	nemění se během celého procesu výroby
	hemicelulosa	75%	vyšší obsah pozitivně ovlivňuje chuťové vlastnosti
	glukany	5 – 6% ve sladu 1% v ječmeni	vliv na filtraci piva
	lignin	12 - 16%	
Polyfenolové sloučeniny (v obalové části zrn)	jednoduché fenoly		polyfenoly přispívají k plnosti chuti piva, podporují pitelnost piva; zoxidované polyfenoly zhoršují chuťové vlastnosti, tvorba zákalů
	fenolové kyseliny		
	barevné flavonoidy		
	bezbarvé flavonoidy		
	polymerní polyfenoly		
	kumariny		
chinony			
Dimethylsulfid			nepříznivě ovlivňuje ogranoleptické vlastnosti piva

2.2.2 Vliv podmínek skladování a pěstování na kvalitu sladu

Na kvalitu sladu má velký vliv způsob pěstování ječmene, kvalita půdy a hnojení. Půda by měla obsahovat živiny, například: minerální látky, dusík, kyselinu fosforečnou, hořčík, draslík a fosfor. Na příjem živin má velký vliv klima, například ve vlhkých měsících se zvýší příjem fosforu o více než 40%. Nedostatek fosforu ovlivňuje sladovnickou kvalitu a odolnost rostliny. [2, 3, 7]

Čerstvě usušený slad není vhodný k okamžitému zpracování v pivovaru, ale je zapotřebí nechat tuto surovinu tři až čtyři týdny ležet. Slad se po přečištění skladuje na půdách, ve skříních a dnes převážně na silech s automatickou regulací teploty a vlhkosti vzduchu a možností vhodného míchání.

Významné strukturní a enzymatické změny v ječmenném zrně proběhnou při klíčení a hvozdní zeleného sladu. K dalším mírným změnám fyzikálních a chemických vlastností sladu dochází při skladování, které zlepšuje jeho zpracovatelnost. Nadměrné zvýšení vlhkosti může způsobit problémy při mletí. U tmavého sladu se po tříměsíčním skladování mění mírně aroma.

Skladování surovin v nevhodných podmínkách může obecně významně zhoršit jejich kvalitu, například tvorbu Streckerových aldehydů, které nepříznivě ovlivňují sensorické vlastnosti, zejména chuťovou stabilitu. Při nesprávném skladování mohou také vznikat mykotoxiny, což jsou sekundární toxické metabolity vláknitých hub. Existuje přes 200 producentů toxinů, jako například rody: *Penicillium*, *Fusarium* a *Aspergillus*. Tyto plísně jsou velice odolné a dokážou přežít v nejrůznějších podmínkách i klimatech na zemědělských surovinách, a to jak při jejich pěstování, tak skladování. Jejich výskyt v nápoji, jako je pivo, je považován za vážné riziko pro zdraví člověka, jsou totiž nefrotoxické, neurotoxické, karcinogenní. Většina z nich je teplotně i chemicky stabilní, tudíž je nelze odstranit (zcela nebo jen částečně) při zpracování potravin. [1, 6]

2.2.3 Ječmen

Ječmen je nejvyužívanější pro svoji výbornou klíčivost, snadnou zpracovatelnost a vhodné chuťové vlastnosti. Obsahuje 80 až 88% sušiny a 12 až 20% vody. [3]

Ječmen (rod *Hondeum*) patří do říše rostlin, oddělení semenných (*Spermatophyta*), pododdělení krytosemenných (*Angiospermae*), třídy jednoděložných (*Monocotyledonae*), čeledi lipnicovité (*Poaceae*). [1]

Podle způsobu růstu se ječmeny dělí na divoce rostoucí plané ječmeny, z nichž je u nás nejpoužívanější Ječmen setý (*Hordeum sativum*). Další používanou skupinu tvoří ječmeny nicí (*Hordeum distichum*, var. *nutans*).

Rostlina ječmene je tvořena z následujících částí; kořenová soustava, stéblo, listy a květenství. Květenstvím ječmene je složený klas, který se skládá z pluch a obilek. Obilka má tři části; obal, zárodek a endosperm. [2, 3, 7]

Obilka je nejpotřebnější část ječmene pro výrobu piva. Sušinu tvoří organické dusíkaté a bezdusíkaté sloučeniny a anorganické látky. Anorganické látky (popeloviny) tvoří podstatně menší podíl sušiny než organické látky. Jejich obsah kolísá mezi 2 až 3%. Množství jednotlivých minerálních látek v rostlině je značně ovlivněno jejím zásobením živinami během růstu i zrání a podmínkami při pěstování. Jsou jimi například: P_2O_5 , K_2O , SiO_2 , MgO , CaO , Na_2O , SO_3 , Fe_2O_3 . [3]

Význam anorganických látek spočívá především v regulaci biosyntézy vysokomolekulárních organických sloučenin (škrobu, bílkovin, nukleových kyselin apod.). Velký význam mají stopové prvky obsažené v ječmeni, například: zinek, mangan, měď, bor, které jsou důležité pro činnost řady enzymů nebo koenzymů.

Ze sladařského hlediska jsou zvláště důležité enzymy. Sklizený sladovnický ječmen obsahuje v posklizňové zralosti v aktivní nebo latentní formě velké množství enzymů a prekurzorů enzymů. Oxidoreduktasy hrají významnou úlohu při klíčení a dozrávání ječmene, ale hlavně významně ovlivňují obsah polyfenolů, barvu sladiny a piva a koloidní sensorickou stabilitu piva. Ostatní enzymy, jako například transferasy, ligasy a lyasy, mají vliv hlavně růstový.

V zrna ječmene jsou obsaženy rovněž různé vitamíny. Jejich obsah závisí na odrůdě a na klimatických podmínkách. Mnohé z nich tvoří součást aktivních skupin enzymů, a tím působí na enzymatickou aktivitu klíčícího zrna. [3]

2.3 Chmel

Chmel je liánovitá rostlina, která dává pivu příjemnou hořkou chuť a vůni, zvětšuje trvanlivost a pěnivost piva. [4] Z této rostliny se pro výrobu piva využívají pouze hlávky. Chmel je doposud nezastupitelnou surovinou dávající pivu typickou hořkost a aroma. Přináší do mladiny a piva α -hořké kyseliny a další sloučeniny, jako jsou například pryskyřice, které přispívají k hořkosti, ale také způsobují její více zaoblený charakter. [13] Další důležité

složky chmele jsou silice (jsou jeho hlavní složkou vůně) a polyfenoly. Ostatní složky mají již menší technologický význam. [2]

Suché chmelové hlávky obsahují technologicky důležité polyfenoly, které se extrahují z chmele horkou vodou, dále silice, které se extrahují vodní párou a chmelové pryskyřice. Obsahy jednotlivých složek chmele silně kolísají. [1]

2.3.1 Skupiny látek obsažené v chmelových hlávkách

- Chmelové pryskyřice (označované též jako hořké látky) jsou hlavní látkou v hlávkách a jsou zdrojem hořkosti piva. Je to směs velmi těžko rozpustných látek. Člení se na měkké pryskyřice a tvrdé pryskyřice. Na hořkosti piva se hlavní měrou podílejí měkké pryskyřice – z nich pak zejména α -hořká kyselina (její obsah je závislý na pěstované odrůdě).
- Chmelové třísloviny jsou směsí látek polyfenolového typu. Přispívají k čerění piva, příznivě působí na varný proces, stabilitu hořkosti, charakteristickou chuť piva. Pivu dávají mírně natrpklou chuť. Obsah činí 2 – 6% dle odrůdy.
- Chmelové silice jsou látky těkavé povahy, chmelu dávají jeho typickou vůni. Jsou prakticky nerozpustné ve vodě, více jak 90% vytěká během chmelovaru a při vaření piva se prakticky neuplatňují. Obsah činí 0,4 – 2,0%. [14]
- Obsah vody v chmelových hlávkách by měl být 10 až 11%, při nižším obsahu vody by došlo k drobení a při vyšší vlhkosti by mohla být hlávka napadena mikroorganismy a podléhala by více i oxidačním a polymeračním změnám.
- Doprovodné látky v chmelu jsou například cukry, dusíkaté látky, lipidy, vosky, oxid siřičitý. Obsah dusičnanů v hlávkách se pohybuje v rozmezí 9 – 11 g v 1 kg suchých hlávek. [14] Dusičnany jsou velmi problémové látky chmele a proto jejich obsah spolu s dusičnany vody nesmí v pivu přeskočit povolenou hranici 50 mg/l. V průběhu výroby by mohly být dusičnany redukovány na dusitany, které se podílejí na tvorbě karcinogenních N-nitrosaminů.
- Další látky vyskytující se v chmelu jsou barviva (pigmenty), z nichž je nejvíce zastoupen chlorofyl (0,01 až 0,02 hmotnostních procent), v stopových množstvích obsahuje i karotenoidy. [1]

2.4 Pivovarské kvasnice

Pivní kvasinky jsou jednobuněčné mikroorganismy. Rozlišujeme spodní pivovarské kvasinky *Saccharomyces cerevisiae* subsp. *uvarum carlsbergensis* a svrchní pivovarské kvasinky *Saccharomyces cerevisiae* subsp. *cerevisiae*.

Svrchní kvasinky slouží hlavně pro výrobu piv typu: „ale“ a „porter“ a spodní kvasinky pro piva „plzeňského“ typu. Druhy pivovarských kvasinek spodního a svrchního kvašení se liší některými základními parametry. Spodní úplně zkvašují rafinosu, svrchní jen z části. Dále mají rozdílné složení buněčných stěn (kvasinky spodního kvašení na konci kvašení sedimentují na dně nádob, kdežto kvasinky svrchního kvašení jsou bublinkami CO₂ vynášeny na povrch kvasící mladiny. Kvasinky svrchního kvašení mají vyšší tepelnou odolnost a vyšší schopnost reprodukce. Dále mají rozdílné složení genetického materiálu a technologicky významné vlastnosti – tvorba sensoricky významných látek.

Metabolismus kvasinek je z pivovarského hlediska hlavně přeměnou zkvasitelných cukrů na alkohol a oxid uhličitý za účasti řady enzymů a koenzymů. Metabolismus kvasinek souvisí s mnoha dalšími složkami mladiny a vzniká při tom široké spektrum vedlejších produktů, které ovlivňují charakter hotového piva. Metabolismus kvasinek je především ovlivňován složením mladiny, vlastnostmi kvasnic a podmínkami procesu. Pro metabolismus kvasinek je kromě sacharidů významná celá řada dalších zdrojů výživy, jedná se o aminokyseliny, peptidy, lipidy, vitamíny, ionty Ca²⁺, Na⁺, K⁺, SO₄²⁻ a jiné. Metabolismus kvasinek může být inhibován, přítomností iontů NO₂⁻ a těžkých kovů, vysokým osmotickým tlakem. Za nepříznivých podmínek, zejména při dokvašování piva nebo skladování kvasnic, může docházet k autolýze kvasnic. Při tomto procesu kvasničné enzymy rozpouštějí uhlovodíky a dusíkaté látky buňky. Důsledkem je nárůst obsahu α-aminodusíku, pH, vznik kvasničné vůně a chuti piva. Nárůst pH může být i poměrně nízký, ale chuťové změny jsou velmi výrazné. [1, 3, 7, 21]

2.4.1 Provozní propagace kvasnic

Cílem provozní propagace je za aseptických podmínek pomnožit laboratorní kulturu tak, aby získaný objem kroužků potlačoval k zakvácení provozní výrobní šarže.

Celý proces probíhá v uzavřených nádobách (propagátorech), které jsou vybaveny chlazením, přívodem sterilního vzduchu nebo kyslíku a teplotními čidly. Kvasnice se propagují v provozní mladině, při teplotě 14 až 16°C. Rozeznáváme dvě varianty provozní propagace, klasická a aerobní. [3]

2.5 Pomocné suroviny

Kromě základních surovin se při výrobě používá řada dalších pomocných surovin, jako například enzymové přípravky. Ty zlepšují podmínky filtrace a zvyšují fyzikálně-chemickou stabilitu piva. Obsahují hlavně plnidla a aktivní enzymy.

Pivní kulér je sirup hnědé barvy, obsahuje 80% extraktu, má vysokou barvicí účinnost, nesmí způsobovat zakalení piva a ani mu udávat cizí příchut'. Obsahuje zkvasitelné cukry, proto se dává do mladiny a ne do hotového piva. Kulér se vyrábí zahříváním sacharidů na karamelizační teplotu, obvykle za přídavku alkálií (sody, hydroxidu sodného, amoniaku či karbidu (kulér dusíkatý)). Při vyšších teplotách se snižuje tvorba barvicích látek a vznikají produkty nepříznivých chuťových vlastností, naopak při nižších teplotách se nedosahuje vyšší tvorby barevných produktů a v kuléru zůstává vysoký obsah zkvasitelných sacharidů.

Barvicí prostředky se používají k dobarvování tmavých piv, ale i světlých připravených s vyšší subrogací sacharidu. Přípravky ovlivňující pěnivost piva se přidávají v případě horší pěnivosti. A dále se mohou přidávat přípravky, které omezují pění meziproductů výroby piva, což jsou většinou silikonové preparáty. [1]

3 VÝROBA PIVA

Výroba piva je poměrně dlouhý a složitý proces. Pivo se vyrábí v pivovaru a technologie se sestává ze tří výrobních úseků, zahrnujících řadu složitých mechanických, fyzikálně chemických a biochemických procesů: [1, 8]

- výroba mladiny,
- kvašení mladiny a dokvašování mladého piva,
- závěrečné úpravy a stáčení zralého piva. [8]

Cílem varního zpracování je převést za pomoci enzymů extraktivní látky sladu do roztoku, získaný extraktivní roztok sladiny oddělit s minimálními ztrátami od nerozpustných zbytků sladového zrna, tj. od mláta, a povařením sladiny s chmelem produkt ohořčit a tepelně stabilizovat. Získaná mladina je po odloučení kalů a ochlazení připravena pro kvasný proces. [3]

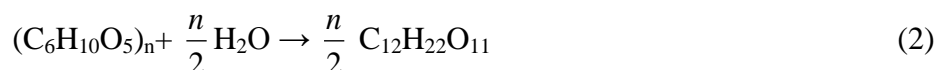
3.1 Výroba mladiny

Výroba mladiny se sestává z následujících technologických úseků:

- šrotování sladu,
- vystírání sladového šrotu do vody,
- rmutování,
- scezování sladiny a vyslazování sladového mláta,
- chmelovar a chlazení mladiny. [8]

Výroba mladiny probíhá na varně. Látky obsažené ve sladu, což je především škrob, jsou nejprve převedeny do roztoku, aby je sladové enzymy mohly přeměnit ve směs nízkomolekulárních sacharidů, které později kvasinky zkvasí na etanol a oxid uhličitý. Slad se nejprve rozšrotuje, poté se smísí s vodou při tzv. vystírání, poté následuje rmutování. [3, 8]

Rmutování slouží k přípravě sladiny s požadovanou extraktivní skladbou. Jeho cílem je převést do vodného roztoku nerozpustné součásti sypání, hlavně všechen škrob a část bílkovin. Toho se dosahuje postupným vyhříváním části vystírky postupně na jednotlivé rmutovací teploty, optimální pro činnost různých skupin enzymů, až se dosáhne dokonalého zcukření škrobu. Nejdůležitější chemickou reakcí při rmutování je štěpení škrobu na nízkomolekulární cukry, zejména glukosu, maltosu a dextriny, viz. rovnice číslo 1 a 2: [8]



Konečný výsledek těchto reakcí závisí na podmínkách při rmutování.

Zmazovatění škrobu nastává zahříváním škrobové suspenze ve vodě. Škrobová zrna při pomalém zahřívání bobtnají a při určité teplotě vznikne z amylopektinu viskózní gel, zvaný škrobový maz. (50 – 52°C) Ztekucení škrobového mazu při rmutování je výsledkem enzymové reakce.

Štěpení škrobu na maltózu a dextriny, katalyzované sladovými amylázami, se v praxi nazývá zcukřování. Rmut může zcukřit teprve po ztekucení škrobového mazu.

Technologicky důležité teploty jsou:

- 60 - 65°C - nižší cukrotvorná teplota; podporuje činnost zcukřující β -amylasy (vzniká více maltózy, avšak rmut zcela nezkcukří),
- 75 - 75°C - vyšší cukrotvorná teplota; podporuje činnost dextrinující α -amylasy (vzniká víc dextrinů),
- 78°C - maximální cukrotvorná teplota (při rmutování); aktivní je pouze dextrinující α -amylasy.

Rmuty zcukřují vždy postupně, v souvislosti s tím, že se velká molekula škrobu rozpadá na menší částice.

Existují různé rmutovací postupy, kterými jsou infuzní a dekokční postup. Dekokční postup může být jednormutový, dvourmutový a třírmutový. [3, 8]

Po rmutování dojde ke scezení, což je operace prováděná za účelem oddělení roztoku extraktu, tj. sladiny, od pevného podílu rmutu, kterým je mláto. Scezování se provádí ve scezovací kádi, dochází k tomu, že sladina se odděluje od mláta přirozenou filtrací přes vrstvu sedimentovaných pluch a ostatních nerozpustných zbytků sladu. Zfiltrovaný roztok extraktu sladu se nazývá předeček a po jeho stečení následuje vyslazování.

Vyslazování mláta se provádí horkou vodou (75°C), aby se z mláta vyloužily poslední zbytky rozpustného extraktu. Zfiltrovaný roztok extraktu při vyslazování se nazývá výstřelek a zpravidla se vyslazuje na 2 až 3 výstřelky. Předeček a výstřelky se shromažďují v mladinové pánvi, kde se pozvolným zahříváním zvyšuje teplota tak, aby se po skončeném scezování sladina co nejdříve uvedla do varu.

Po vyslazování mláta přichází na řadu chmelovar, který má za úkol převedení hořkých látek chmele do mladiny, sterilaci mladiny, inaktivaci enzymů a koagulaci bílkovin s polyfenolovými látkami sladu a chmele. Hlavními reakcemi při chmelovaru jsou izomerační reakce chmelových α -hořkých kyselin, při nichž vznikají intenzivně hořké produkty zvané iso- α -hořké kyseliny. Dále probíhají Maillgardovy reakce s tvorbou barevných a aromatických látek s oxidoredukčními vlastnostmi a denaturace sladových bílkovin. Chmel či chmelové přípravky se přidávají postupně, nejčastěji na dvakrát až třikrát, podle kvality a typu výrobku. Produktem chmelovaru, který trvá zpravidla 90 až 120 minut, je mladina. Po chmelovaru následuje oddělení zbytků chmele a následuje chlazení mladiny.

Při chmelovaru se uplatňují především fyzikální a chemické děje. Faktory, které ovlivňují kvalitu mladiny jsou: doba, intenzita chmelovaru, pohyb vařící mladiny, odpar a změna pH. Protože k dokonalému vyslazení mláta je třeba určitého přebytku vyslazovací vody, musí se při chmelovaru odpařit, aby se získala mladina požadované koncentrace. Hodnota pH se sníží během chmelovaru o 0,15 až 0,25. Zvýšení kyselosti mladiny je způsobeno rozpouštěním hořkých chmelových kalů, působením vápenatých a hořečnatých iontů a vyloučením fosforečnanů z roztoku. Barva mladiny se zvyšuje v závislosti na podmínkách chmelovaru a složení mladiny. [3, 8]

Po chmelovaru a separaci hrubých kalů probíhá chlazení mladiny. Horkou mladinu je třeba co nejrychleji zchladit na zákvasnou teplotu a při tom se vyhnout bakteriální kontaminaci. Čím rychleji se mladina zchladí, tím lépe, protože při rychlém zchlazení dochází k vysrážení zbytkových proteinů, k čemuž u pomalého zchlazování nedochází vůbec, nebo v malé míře.

Mladina se chladí z teploty okolo 80°C na zákvasnou teplotu, která je 10 – 15°C. K chlazení jsou nejčastěji využívány deskové, spirálové nebo protiproudé chladiče. [3]

3.2 Kvašení mladiny a dokvácení mladého piva

Cílem kvašení piva je řízená přeměna sacharidů na alkohol a CO₂ a současné vytváření vhodných organoleptických vlastností piva. Při kvašení je vytvářen chuťový charakter piva, který je ovlivňován nejen hlavními produkty kvašení, ale i obsahem vyšších alkoholů, esterů, ketonů, aldehydů, sloučenin síry aj. [1]

Průběh fermentace je závislý na složení mladiny, druhu použitých kvasnic, zákvasné dávce, teplotě kvašení, tlaku apod. Kvašení probíhá za anaerobních podmínek podle rovnice číslo 3 (Gay – Lussac):



Energetický zisk z přeměny jedné molekuly glukosy na alkohol při kvašení je představován dvěma molekulami ATP. Při dalších reakcích dochází ke ztrátám energie, které se projevují růstem teploty kvasící mladiny. Jestliže chceme udržet konstantní teplotu kvasící mladiny, musíme toto teplo odvádět chlazením.

Prostor, ve kterém probíhá klasické kvašení piva, se nazývá spilka. Tato místnost musí být větrána tak, aby se v ní nehromadil CO_2 , který se vytváří při kvašení. Teplota ve spilkách se obvykle pohybuje mezi 5 až 10°C, a proto je vhodné provádět tepelnou izolaci prostor. Velmi důležité je celkové udržování prostor spilky tak, aby byla zabezpečena maximální hygienická úroveň. Velké pivovary využívají ke kvašení buď spilky, nebo cylindrokónické tanky (CKT). CKT jsou uzavřené, válcovité, ocelové nádoby s kuželovitým dnem, které jsou vybaveny plášťovým chlazením.

Pro kvašení mladiny se používají pivovarské kvasinky. Kvašení mladiny je při klasické technologii rozděleno do dvou fází: na hlavní kvašení a dokvašování. Hlavní kvašení se u nás provádí obvykle v otevřených kvasných kádích spodními pivovarskými kvasinkami. Nejdůležitějšími reakcemi hlavního kvašení jsou přeměny zkvasitelných sacharidů glukosy, maltosy a maltotriosy na etanol a oxid uhličitý anaerobním kvašením. Současně se v malé míře tvoří i vedlejší kvasné produkty, alifatické alkoholy, aldehydy, diketony, mastné kyseliny a estery. Všechny tyto látky a jejich vzájemný poměr spolu vytváří chuť a aróma piva.

Hlavní kvašení má několik stadií. Brzo po zakvašení dochází k zaprašování, kdy se objevuje první bílá pěna na povrchu kvasící mladiny. Následuje odrážení, při němž pěna houstne a je vytlačována do středu kvasné kádě. Následují nízké bílé kroužky, které představují hustou smetanovou pěnu s kučeravým povrchem a jsou stádiem nejintenzivnějšího kvašení. Vysoké hnědé kroužky jsou způsobeny poklesem pH a vyflotováním vyloučených chmelových a tříslo-bílkovinných sloučenin. Dále se kroužky propadají za tvorby husté deky z vyloučených látek na povrchu prokvašené mladiny, tj. mladého piva. Na konci hlavního kvašení sedimentují spodní kvasinky na dno kvasné kádě a po stáhnutí piva se sbírají, propírají se studenou vodou a znovu se nasazují do provozu. Deky se z hladiny mladého piva sbírají, aby do něho nepropadly a nezpůsobily zhoršení chuti piva. Hlavní kvašení trvá zpravidla 6 až 8 dní podle druhu vyráběného piva. [1, 3, 14]

Podle délky a teploty kvašení vznikají spontánně kvašená piva, svrchně kvašená piva (obvykle kvasí při teplotách kolem 15 – 20°C a na povrchu se vytváří pěna způsobená stoupajícím CO_2 , doba kvašení těchto piv se pohybuje okolo tří týdnů) a spodně kvašená piva

(což jsou ležáky, které se vyrábí při kvasných teplotách kolem 10°C, poté měsíc a déle leží). [24]

Dokvašování a zrání mladého piva se provádí v ležáckém sklepě, kde pivo při teplotách 1 až 3°C velmi pozvolna dokvává, číří se, zraje a sytí se vznikajícím oxidem uhličitým pod tlakem v uzavřených ležáckých tancích. Doba ležení je závislá na typu piva; u běžných piv do koncentrace mladiny 10% bývá 3 týdny, pro speciální exportní piva se zvyšuje až na několik měsíců.

Velké pivovary mohou využívat kombinace spilky a CKT:

- kvašení na klasické spilce a zrání v CKT,
- hlavní kvašení a zrání v jednom CKT (riziko kontaminace, časová úspora),
- hlavní kvašení v jednom CKT a zrání ve druhém CKT (časově náročnější). [3,14]

3.3 Závěrečné úpravy a stáčení zralého piva

Po uplynutí doby nutné pro dokvašení a ležení piva musí dojít k nezbytným úpravám před exportem, tyto úpravy jsou filtrace a pastérace, po nich může dojít ke stáčení piva do lahví nebo sudů.

3.3.1 Vůně a chuť vzniklé stárnutím piva

V pivě jsou přítomné látky, které lze často považovat za možné prekursory starých chutí a vůní. Z netěkavých látek se jako prekursory uvádějí především aminokyseliny, produkty tepelného rozkladu sacharidů a hořkých látek, produkty Maillardovy reakce, z těkavých látek jsou zastoupeny alkoholy, karboxylové a nenasycené mastné kyseliny a jejich deriváty, laktony, estery, dále pak aminy, fenoly, aldehydy, ketony a diketony, peroxidy, acetyly a terpenové uhlovodíky z chmelových silic. Velmi senzoričky aktivní jsou také organické a anorganické sloučeniny síry (sulfan, oxid siřičitý, dimethylsulfid, thioly, thioaldehydy a jiné).

Všechny tyto sloučeniny mohou vznikat již během varního procesu a také mohou všechny podléhat oxidačně-redukčním reakcím, přičemž převládá oxidace. [1]

3.3.2 Hlavní senzoričky aktivní látky vznikají stárnutím piva

Přeměna látek, ke které dochází během dokvašování a hlavně v druhé fázi zrání, upravuje nepříjemnou hořkost a kvasničnou chuť zeleného piva a vytváří buket a chuť zralého

piva. Mění se obsah rozpuštěných látek i těkavých složek piva, a to v závislosti na použitých surovinách, technologii a na kmenu kvasinek použitých k výrobě piva.

Změny obsahu sirných sloučenin během dokvašování a zrání mají význam v utváření optimálních organoleptických vlastností piva. Během tohoto výrobního úseku klesá obsah oxidu siřičitého a thiolů. Obecně se mohou sirné sloučeniny i při nízkém obsahu projevit sensorickým zhoršením piva. Pro sledování dokvašování a zrání piva je důležitým ukazatelem obsah dimethylsulfidu.

Estery jsou vedle vyšších alkoholů hlavními složkami běžného buketu, v určitých hranicích s pozitivním vlivem na sensorickou analýzu, během dokvašování a zrání piva totiž jejich obsah stoupá až o 100%.

Stárnutím piva vznikají převážně sensoricky aktivní karbonylové sloučeniny, alkanaly, alkenaly a alkadienaly. Zvyšuje se také hladina acetaldehydu.

Kromě vzniku sensoricky aktivních látek doprovází stárnutí piva tvorba mnoha látek s vysokou prahovou hodnotou, jejich přítomnost se ale na vůni a chuti neprojeví, slouží pouze k detekci stáří piva. [1]

3.4 Druhy pív

Základní dělení piva je z hlediska barvy, dělí se na světlé, polotmavé a tmavé pivo, které se vyrábí z karamelových nebo barevných sladů. Dále pivo řezané, které nevznikne výrobou, ale smícháním piva světlého a tmavého.

Pivo také může být rozděleno dle stupňovitosti. Stupňovitost je koncentrace všech extraktivních látek v mladině před zakvašením (přidání pivovarských kvasnic), které přešly z použitých surovin (sladu, chmele) během výrobního postupu ve varně do roztoku. Jedná se o složky cukernaté a složky necukerné (minerály, vitamíny a jiné), které se z použitých surovin rozpustily během vaření ve varní vodě. Podle toho se druhy pív dají rozdělit do tří skupin:

- 10° výčepní piva,
- 11° až 12, 5° ležáky,
- nad 12,5° piva speciální. [2, 3]

Piva jsou dělena na podskupiny podle extraktu původní mladiny před zkvašením (% hmotnostní) na:

- lehká piva (piva vyrobená převážně z ječných sladů do 7% hm. EPM (extrakt původní mladiny)),
- výčepní piva (piva vyrobená převážně z ječných sladů 8 – 10% hm. EPM),

- ležáky (piva vyrobená převážně z ječných sladů 11 - 12% hm. EPM),
- speciály (piva vyrobená převážně z ječných sladů 13 a víceprocentní hm. EPM),
- portery (zásadně tmavá piva z ječných sladů 18 a víceprocentní),
- se sníženým obsahem cukru,
- pšeničná (piva vyrobená s použitím pšeničného sladu),
- kvasnicová (piva vyrobená dodatečným přídatkem podílu rozkvašené mladiny),
- nealkoholická (piva s 0,4% hm. EPM, alkohol nevyšší 0,5% obj.),
- ochucená (s přídatkem látek určených k aromatizaci a častému zabarvení). [23]

4 CHEMICKÉ SLOŽENÍ PIVA

Pivo je dispersní soustavou různých sloučenin, jde o koloidní roztok makromolekul - bílkovin, nukleových kyselin, sacharidů a lipidů. Chemické složení piva se mění v širokých mezích. V závislosti na extraktu původní mladiny a stupni prokvašení obsahuje pivo asi 2 až 6% extraktivních látek. Hlavní součástí extraktu jsou sacharidy, 6 až 9% tvoří dusíkaté látky, dále polyfenolové látky (cca 100 až 180mg/l), hořké látky z chmele (cca 15 až 40 mg/l), barviva (melanoidiny), glycerol, lipidy, heterocyklické látky a vitaminy. Energetická hodnota 10% piva se pohybuje okolo 1500 kJ/l a u 12% piva okolo 1800 kJ/l.

Důležitou vlastností piva je to, že patří i z hlediska cizorodých látek k nejzdravějším potravinám, které může člověk konzumovat. Vděčí za to jednak svému výrobnímu postupu, to znamená dekontaminační technologii, a jednak doposud relativně přísné kontrole koncentrací cizorodých látek a s tím spojených možných zdravotních rizik. Pivo je z tohoto hlediska tedy „čistější“ (obsahuje nižší koncentrace škodlivin), než jaké lze nalézt u vstupních surovin. [18]

4.1 Vliv látek v pivu na zdraví člověka

Důležitou vlastností piva ze zdravotního hlediska je jeho antioxidační schopnost. Antioxidanty likvidují volné radikály a tak zabraňují jejich škodlivému působení v organismu (iniciování rakoviny a kardiovaskulárních chorob). Hlavní antioxidanty vyskytující se v pivu jsou polyfenoly. Polyfenolům v pivu jsou přisuzovány i další účinky, jako například antimutagenní, antikarcinogenní, antimikrobiální, antitrombotické, dále regulují krevní tlak a krevní glukózu a také chrání před aterosklerózou.

Fytoestrogeny, které jsou v pivu také obsaženy, významně snižují například výskyt rakoviny prsu, dělohy, tlustého střeva či prostaty.

V pivu se vyskytuje, jak je všeobecně známo, mnoho vitaminů, jde vlastně o jakýsi vitaminový koktejl. A to je další přednost piva oproti vínům a alkoholickým nápojům. Pivo je jediným nápojem, který obsahuje významná množství vitaminů. V souvislosti s vitaminy je nutné zdůraznit, že zvýšené riziko kardiovaskulárních chorob se dává do souvislosti s vyšším obsahem homocysteinu v krvi, který vitamíny skupiny B, které v pivu obsaženy jsou, účinně snižují.

Velmi důležitý je například obsah křemíku ve fyziologicky využitelném stavu. Křemík má vliv na zdravé kosti a je známý svým působením proti ateroskleróze a osteoartritidě.

Doposud bylo v pivu nalezeno přes 2000 sloučenin. Je ale dobře známo, že jejich současné působení v pivu znamená mnohem víc než suma účinků individuálních sloučenin. V současném stavu poznání je ale třeba připustit, že ještě mohou existovat látky, které dosud objeveny nebyly, a přesto mají velký vliv na pozitivní zdravotní účinky piva. [18]

4.2 Pozitivní a neutrální složky piva

Již delší dobu je známo, že rozumné (střídmé, či přiměřené) pití piva má na zdraví člověka blahodárné účinky. Některé látky, v pivu obsažené, mají velmi pozitivní vliv na lidský organismus.

1) Voda

Jeden litr piva obsahuje průměrně 920 gramů vody, která je relativně rychle absorbována zažívacím traktem, což přispívá k pocitu žízně.

2) Minerály (anorganické komponenty)

Pivo obsahuje přibližně 1200 mg/l minerálů. Jimiž jsou:

- draslík (300 - 600 mg/l), který odpovídá přibližně 20% doporučené denní dávky (DDD),
- hořčík (90 - 120 mg/l) odpovídá přibližně 45% DDD,
- fosfor (300 - 700 mg/l) odpovídá přibližně 40% DDD,
- sodík (20 - 110 mg/l),
- měď (0,07 mg/l).

3) Vitaminy

Svým příznivým a vyváženým obsahem vitaminů pivo může pokrýt značnou část DDD:

- vitamin B1 - thiamin (0,04 mg/l) odpovídá přibližně 5% DDD,
- vitamin B2 - riboflavin (0,2 mg/l) odpovídá přibližně 20% DDD,
- vitamin B3 - niacin, kys. nikotinová (6 mg/l) odpovídá přibližně 40 – 65% DDD,
- vitamin B5 - kyselina pantotenová (1 mg/l) odpovídá přibližně 20% DDD,
- vitamin B6 - pyridoxin (0,6 mg/l) odpovídá přibližně 25% DDD,
- vitamin B12 - kobalamin (100 mg/l),
- vitamin H - biotin (0,01 mg/l) odpovídá přibližně 5% DDD,

- kyselina folová (0,1 mg/l),
- inositol (60 mg/l),
- cholin (100 - 300 mg/l).

4) Bílkoviny

Pivo obsahuje 3 - 5 g/l čistých bílkovin, přičemž 85% z těchto bílkovin pochází ze sladu a 15% z pivovarských kvasinek. Obsah aminokyselin se pohybuje v mezích 300 - 500 mg/l.

5) Organické kyseliny

Pivo obsahuje průměrně 300 - 500 mg/l organických kyselin, což nemá prakticky žádný fyziologický efekt.

6) Nukleové kyseliny a jejich deriváty

Přibližný obsah těchto sloučenin se pohybuje od 0 - 1,8 mg/l (ribonukleová kyselina RNA + deoxyribonukleová kyselina DNA). Fyziologický efekt těchto sloučenin spočívá ve zvýšení močopudnosti piva, vlivu na krevní tlak a srdeční aktivitu.

7) Polyfenoly

Obsah polyfenolů v pivu je přibližně 100 - 200 mg/l. Vliv obsahu těchto látek v pivu na člověka nebyl zatím zkoumán. Doporučená denní dávka se pohybuje mezi 15 a 25 mg rostlinných polyfenolů na osobu na den.

8) Hořké chmelové látky

Pivo obsahuje až 40 mg/l hořkých látek, které mohou mít několik fyziologických efektů. Patří mezi ně především sedativní až narkotický a bakteriostatický efekt. Hořké chmelové látky podporují sekreci žluče, čímž příznivě ovlivňují trávicí proces a zvyšují chuť k jídlu.

9) Sacharidy

Celkový obsah sacharidů v pivu se pohybuje okolo 28 g/l a představují hlavní energetickou složku piva (asi 60%). Pivo může pokrýt značnou část doporučené denní dávky sacharidů. U dia piv je situace samozřejmě jiná.

10) Oxid uhličitý

Oxid uhličitý je přirozenou součástí piva. Poskytuje dlouhodobou ochranu proti kyslíku a účinně zabraňuje růstu aerobních mikroorganismů. Oxid uhličitý je z nutričního hlediska bezcennou látkou. Dosažení optimálního obsahu a zejména vázání rozpuštěného oxidu uhličitého v pivu má zásadní vliv na fyziologii lidského trávení, sensorické vlastnosti piva, jeho trvanlivost a správný říz při stáčení. Část požadovaného množství oxidu uhličitého získá pivo v procesu hlavního kvašení a část při dokvašování. Míra nasycení piva oxidem uhličitým je omezená, pivo může obsahovat pouze tolik oxidu uhličitého, kolik chemické složení a fyzikální vlastnosti piva dovolují.

12) Křemík

Křemík v pivu brzdí absorpci nežádoucího hliníku v těle. Hliník je příčinou Alzheimerovy choroby. Pivo je bohaté na obsah biologicky využitelného oxidu křemičitého vzniklého rmutovacími postupy. Podle výzkumů je pivo velmi dobrým zdrojem křemíku a může obsahovat 30 - 80 mg kyseliny orto-křemičité v jednom litru nápoje. [17]

4.3 Negativní složky piva

Z hlediska obsahu cizorodých látek a chemických reziduí patří pivo k nejzdravějším nápojům vzhledem k tomu, že výroba piva představuje v mnoha aspektech dekontaminační technologii, jejímž výsledkem je minimální obsah škodlivých látek, nižší než u použitých surovin včetně vody.

1) Alkoholy a další těkavé látky

Pivo obsahuje alifatické a aromatické alkoholy (100 mg/l) a estery (20 mg/l) jež jsou více toxické než ethanol. Tyto látky jsou tím toxičtější, čím větší je délka jejich řetězce. S délkou řetězce těchto sloučenin roste i rozpustnost v tucích a následně zvyšování koncentrace v mozkové a tukových tkáních. Glycerol s průměrným obsahem 1,3 - 1,8 g/l je nejméně toxickým alkoholem, 3-methylbutanol je toxický nejvíce. Ve srovnání s vínem a tvrdým alkoholem je pivo nápojem s nejnižším obsahem toxických těkavých látek.

2) Těžké kovy

Těžké kovy nejsou obsaženy v pivu jako primární kontaminace, ale mohou se dostat do piva sekundární kontaminací například kontaktem s varnými kotli a různými kovovými skladovacími nádobami. Jde o:

- arsen,
- olovo,
- železo,
- kadmium,
- další těžké kovy, jako například: chrom, rtuť a selen.

3) Biogenní aminy

Obsah biogenních aminů se mění během jeho výroby a koncový produkt obsahuje průměrně 150 - 200 µg/l histaminu, 0,7 - 35,5 mg/l tyraminu, 0,5 - 0,7 mg/l kadaverinu, 3,1 - 5,6 mg/l putrescinu a 0 - 0,8 mg/l beta-fenylethylaminu. Tyto hodnoty se mohou výrazně zvýšit při mikrobiální kontaminaci během výroby nebo koncového produktu. Tyto látky ve velkých množstvích způsobují bolesti hlavy, migrény a alergické reakce.

4) Mykotoxiny

Tyto nebezpečné produkty plísní, rodu *Fusarium*, se mohou stát kontaminací ječmene nebo surogačních surovin již během zrání na poli nebo po sklizení během skladování při vlhkosti převyšující 12%. Během pivovarského procesu se provádí několik purifikačních procesů, které většinou usmrtí plísně a zničí jejich produkty. I nepatrný výskyt mykotoxinů může mít vliv na chuť a vůni piva.

5) Dusičnany, dusitany, nitrosaminy.

Základním zdrojem dusičnanů v pivu je voda a chmelový extrakt. Rmutovací voda by neměla obsahovat více jak 10 mg/l dusičnanů. Dusičnany mohou být redukovány na dusitany, které mohou působit jako nitrosační činidla. Tato redukce může být způsobena mikroorganismy, enzymy nebo kontaminujícími složkami.

6) Pesticidy, fungicidy, herbicidy.

Do piva se mohou dostat stovky těchto nebezpečných sloučenin z výchozích surovin a to jak z ječmene a chmele, tak i z podzemní vody a surogátů. Vzhledem k tomu, že

pivovarský proces je ve své podstatě dekontaminační proces, tak byly nalezeny velmi nízké hodnoty těchto látek ve výsledných produktech. [19]

5 SENZORICKÉ VLASTNOSTI PIVA

5.1 Úvod do sensorické analýzy

Senzorická analýza je vědní obor, který jako takový vznikl relativně nedávno (20. století). Zabývá se hodnocením organoleptických vlastností poživatin pouze lidskými smysly. V pivovarském oboru má smyslové posuzování piva dlouhou tradici a stalo se nedílnou součástí pracovní náplně pivovarských technologů, popřípadě dalších pivovarských pracovníků. [16] Sensorickou analýzou získáme objektivní nebo subjektivní a reprodukovatelné výsledky. V minulosti sloužila hlavně k určení vhodnosti potraviny ke konzumaci, dnes je sensorická jakost hlavní měřítko při nákupu.

Základem sensorické analýzy je přijetí sensorického vjemu, uvědomění a vyhodnocení podnětu. Vyhodnocení probíhá v mozku, kde jsou impulzy porovnány s již známými na základě zkušeností.

Koncentrace látky, na kterou senzor zareaguje, se nazývá prahová citlivost (první hladina). To je moment, kdy receptor zareaguje na podnět, na nižší koncentraci nereaguje. Druhá hladina je horní limit, který nastane, když se intenzita vyvolaného signálu již nezvyšuje.

Při sensorické analýze piva se vnímá více látek najednou. Některé látky lze stanovit pomocí přístrojů v laboratoři, ale není to tak kvalitní jako za pomoci školených sensorických hodnotitelů. [15]

5.2 Smysl pro vnímání sensorických vlastností

K sensorické analýze piva, je zapotřebí lidských smyslů (čich a chuť). Podněty, které člověk vnímá, jsou zachycovány „čidly“, v nichž jsou speciální buňky s vysokou dráždivostí, tak zvané receptory. Ke každému čidlu patří i dostředivá nervová dráha, po které jsou informace vedeny do ústředí v Centrální nervové soustavě. [10]

5.2.1 Chuť

Smysl chuťový je souborem několika receptorů, které mají podobný charakter. Chuť je vjem vyvolaný reakcí některých chemických sloučenin s proteiny specifických receptorů.

Chuťové receptory se nacházejí na jazyku (špička - sladká, strany - hořká, konec - kyselá a slaná), části patra, na stěnách ústní dutiny a zadní části ústní dutiny. Vlastní receptorové buňky jsou podlouhlého tvaru, do nichž ústí nervové zakončení. Buňky jsou ve skupinách sdruženy v chuťových pohárcích. [11]

Chuť je významným kritériem hodnocení při sensorické analýze piva. Vjem chuti zachycuje nejen žádoucí a nežádoucí aromatické sloučeniny, ale i hmatové a fyzické vjemy, jako je například viskozita a úroveň nasycení oxidem uhličitým.

Chuť je obecně velmi subjektivní záležitost a je individuálně vnímána značně rozlišeně. Proto je velmi obtížné hodnotit vlivy změn ve výrobním procesu na chuť. [12]

5.2.2 Čich

Člověk rozpozná čichem tak nepatrná množství voňavých nebo páchnoucích látek, které se nedají rozpoznat ani nejjemnější chemickou analýzou. Čidlo čichu je fylogeneticky nejstarší smyslové ústrojí. Čichové ústrojí se nachází na stropě nosní dutiny, horní skořepě a odpovídající části nosní přepážky. Ve sliznici horní části nosní dutiny jsou čichové buňky. Ty jsou útlé, tyčinkovité, uprostřed s naduřením. Jejich vlákna vedou do čichového centra na spodní ploše čelních laloků.

Člověk dokáže rozlišit několik tisíc čichových kvalit, ale vůně a pachy se nedají jakožto podněty přesně klasifikovat. Pouze okolo padesáti látek poskytuje tzv. čisté čichové pocity. Většina látek svou vůní vyvolává pocity smíšené, kombinované často s drážděním dalších receptorů, např. chuťových. [10, 11]

5.3 Původ chutí a vůní v pivu

Senzoricky kvalitní pivo nelze přesně určit, pohled na kvalitu piva je třeba chápat jako určitou uzanci, která se vyvíjela na základě reakce spotřebitelů po dlouhou dobu.

Doposud bylo objeveno kolem tisíce různých látek, z nichž je většina sensoricky aktivních.

V tabulce číslo 2 jsou uvedeny jaké chutě a vůně se mohou v pivu vyskytnout, od jakých koncentrací jsou znatelné nebo za jakou dobu vzniknou. [22]

V pivu se mohou vyskytnout následující nechtěné chutě a vůně. Například může být cítit alkohol, slad, obilí, karamel, droždí, ale i pestrá škála ovocných vůní a chutí (maliny, citrony, banány, třešně, borůvky, mango). Dále se v pivu může objevit i vůně másla a kukuřice. [25]

5.3.1 Základní organoleptické vlastnosti, které by pivo mít mělo

Senzoricky dobré pivo by mělo mít určité vlastnosti, jako například příjemnou, pro pivo tak charakteristickou, vůni. Dále vysoký říz, dobrou plnost (pocit hutnosti v ústech), kvalitní hořkost a nemělo by obsahovat cizí chutě a vůně. Tyto organoleptické vlastnosti lze stanovit jen za pomoci školených senzorických hodnotitelů. [22]

- Vůně

Kvalitní pivo by mělo mít jemnou a vyváženou vůni po chmelu, kvasnicích, mladině a dalších složkách, které do výrobního procesu přicházejí. Vůně piva je charakteristická a není přesně definována. Pivo ji získává díky přesně stanoveným výrobním postupům a kvalitním neznehodnoceným surovinám. [1]

- Hořkost

Po napití se nejdříve projeví vjem hořkosti. Je to štiplavá až pálivá chuť, která vzniká po stranách jazyka. Může být rozdělena dle vnímání intenzity (hořké moc a málo) a charakteru. Charakter hořkosti se vyjadřuje jako jemný, střední, mírně ulpívající a drsně ulpívající. Správná hořkost se projeví hned po napití a za chvíli odezní. [23]

Hořkost piva je způsobena látkami v chmelu, α -hořkými kyselinami a iso- α -hořkými kyselinami. Iso- α -hořké kyseliny vznikají při varu sladiny s chmelem či chmelovými přípravky. Jsou nejdůležitějšími produkty chmelových pryskyřic zajišťujícími 85% hořkosti piva. Během skladování tyto hořké kyseliny však hrají hlavní roli při zhoršování organoleptických vlastností piva. [1, 26]

- Plnost

Plnost piva je pocit plných úst, je to vjem vznikající v celých ústech. Plnost je spojena s hořkostí, je ovlivněna zbytkovým extraktem, proto se při prázdnější chuti vnímání intenzity hořkosti zvyšuje.

- Říz

Říz je jiskra, která po napití a polknutí piva přichází. Úzce souvisí s nasyceností piva oxidem uhličitým, čím je jeho obsah vyšší, tím je říz piva lepší. [23]

5.3.2 Příčiny vzniku nechtěných chutí a vůní, jejich stanovení a zamezení vzniku

Tab. č. 2: Příčiny vzniku nechtěných chutí a vůní v pivu [20]

Typ	Organoleptický vjem	Příčina
Acetaldehydová	zelená jablka, shnilá jablka, čerstvě nakrájená dýně, ocet	acetaldehyd, bakterie
Alkoholová	silná alkoholová chuť, hořká, acetonová, ředidlová, kořeněná, ostrá, nepříjemně hřejivý pocit v hrdle	přiboudliny, kvašení za vysoké teploty, ponechání piva na kvasnicích po ukončení kvašení, oxidace
Trpká/Svíravá	trpkost, octovost, tříslovina, suchost, svaštění jazyka, pocit prachu nebo kovu v ústech. Podobné slupce hroznů	polyfenoly a třísloviny (tanin), bakteriální kontaminace, špatná sanitace
Chlorfenol	plastová, vinylová (ethenyl), medicínální	chlorovaná voda, sanitace na bázi chloru či jodu, některé kvasinky
Jablečná	jablečný mošt, víno, acetaldehyd (jablka)	větší množství kukuřice nebo třtinového cukru
Diacetyl	máslo, žluklé máslo, máslový krém, mazavost a mastnost v ústech a na jazyku	diacetyl (kvasnice)
Dimethylsulfid	vařená zelenina (zejména kukuřice), celer, zelí, rajčata	S-methyl-L-methionin
Esterová/ovocná	ovoce (banány, hrušky, jahody)	estery, (ethylacetát, isoamylacetát)
Trávová/listová	čerstvě posekaná tráva, plesnivá, zatuchlá	plesnivý nebo starý slad, šrotování sladu příliš dopředu, špatně ošetřený chmel
Obilná	surové obilí, suchost, podobné svíravým chutím	příliš najemno našrotovaný slad, připálený slad, dosažení vysokého pH (6 a více), příliš slaná voda obsahující železo
Medicínální	sirup proti kašli, ústní voda, nemocniční pachy	Fenoly
Kovové/železitá	kov, mince, krev. Je cítit ve špičce jazyka a pak ve spodní části hrdla	vaření mladiny ve špatně ošetřených kovových nádobách (železo, hliník, ocel), vysoce železitá voda, špatné skladování sladu
Plesnivá	plíseň, zatuchlost	kvašení piva ve vlhkém a zatuchlém prostředí, použití plesnivého sladu

Tab. č. 2: pokračování [20]

Typ	Organoleptický vjem	Příčina
Oxidační	zatuchlost, močůvka, mokrá lepenka, papír, vysoká hořkost, trpkost	kyslík negativně reaguje s molekulami v mladíně nebo hotovém pivu, stáří piva, skladování při nevhodných teplotách
Ořechová	aroma ořechů, mandlí, lehce třešňové	výsledek oxidace nebo vystavení piva vyšším teplotám při ležení
Slaná	Sůl	použití velkého množství soli, změkčovače k úpravě vody
Pižmová/skunková	zápach skunka, plesnivá, zatuchlá, spálená guma, kočičí pižmo	vystavení chmele UV záření slunce, tvorba thiolu
Mýdlová	mýdlo, saponát, prací prášek, mastnota, tuk	ponechání mladého piva po primárním kvašení ve spilce po delší dobu
Ředidlová	ředidlo, odlakovač nehtů (aceton), ostrý zápach, pálení jazyka a hrdla	vysoká teplota kvašení a oxidace piva zároveň, použití plastů nevhodných pro potravinářské účely
Síra/sulfan	síra, zapálená sirka, zkažené vejce, spálená guma	sulfan
Trpká/kyselá	ocet, čpavek	bakteriální infekce nebo infekce divokými kvasnicemi
Sladká	sladká, cukrová	brzké stočení, nedostatečné prokvašení
Kvasničná	kvasnice, chléb, lehce sirná	nezdravé nebo zmutované kvasnice

- Acetaldehydová

Acetaldehyd je přirozeně se vyskytující kvasný produkt, který je vytvářen kvasnicemi během kvašení při přeměně glukózy v alkohol. Acetylaldehyd je běžně přeměněn v ethanol, přestože tento proces může trvat déle u piv s větším obsahem alkoholu nebo pokud zakvasíme malým množstvím kvasnic. Může vzniknout také oxidací alkoholu na kyselinu octovou. [20]

Hladina acetaldehydu se může zvyšovat na počátku dokvašování vlivem provzdušnění při přečerpávání piva, při kterém dochází k částečné oxidaci a konverzi etanolu na acetaldehyd. Během normálního průběhu dokvašování a zrání piva však obsah acetaldehydu klesá o 20 až 70% na 3 až 6 mg/l. [1]

Pokud se nechá pivo zrát několik měsíců, dá se kvasnicím dostatek času k přeměně acetylaldehydu na ethanol. Vždy musí být použity kvasnice vysoké kvality a dávkováno

správné množství pro danou stupňovitost piva, hlavně se kvasinky musí provzdušňovat a také je dobré vytvoření kvasnicového starteru (rozkvašení kvasnic). [20]

- **Alkoholová**

Za alkoholové chuti jsou odpovědné přiboudliny (mléčná, lehce nažloutlá kapalina charakteristického pronikavého zápachu, vznikající jako vedlejší produkt při destilaci ethanolu) tvořené propylalkoholem, butanolem, isobutanolem a isoamylalkoholem, stejně jako fenolovými alkoholy (např. tyrosolem). Malé množství těchto alkoholů může být však žádané u silnějších piv.

Aby nedošlo ke znehodnocení, musí kvašení probíhat při teplotách vyšších než 26 °C. Je také možné kvasit při nižších teplotách a omezit tak vznik alkoholových chutí a vůní, pak však pivo vystavujete rizikům, kdy může dojít k nedostatečnému prokvašení, usnutí kvasnic a podobně. [20]

- **Trpká/svíravá**

Trpkost a svíravost může být zapříčiněna mnoha faktory, nejčastějšími původci jsou polyfenoly nebo třísloviny. Třísloviny (tanin) se vyskytují v obalech obilných zrn (pluchy) a může je uvolnit máčení zrn po příliš dlouhou dobu nebo příliš jemno našrotované a rozdrcené zrno, přechmelení, případně také překročení pH 5,2 - 5,6 při rmutování.

Polyfenoly jsou sekundární metabolity rostlin, které do piva přicházejí ze sladu a chmele. V průběhu pivovarského procesu dochází ke změnám jejich zastoupení a struktury. Jejich redukční schopnost a schopnost vychytávání volných radikálů působí pozitivně na senzorickou stabilitu piva i na lidské zdraví.

Slad by neměl být namletý moc jemno, měl by být prasklý, ne roztrhaný nebo rozmáčkнутý. Při vyslazování je třeba dbát na správnou teplotu a množství vyslazovací vody a při máčení se musí slad odebrat dříve, než začne voda vařit.

- **Chlorfenol**

Používání chlorované vody z kohoutku k vaření nebo oplachování je nejčastější příčinou medicínální a plastové chuti. Další možná příčina je také použití sanitace, která je založená na bázi chloru či jódu. Některé kvasinky spontánního kvašení mohou medicínální chuť způsobit také.

Nesmí se používat chlorovaná voda k vaření ani k umývání nádob a prostředků, které přijdou do kontaktu s pivem, mladinou i sladinou. Vždy je také nutno používat jen doporučené množství sanitčních prostředků, většina z nich při správním dávkování nezpůsobí žádné nežádoucí vůně.

- Jablečná

Použití většího množství kukuřice nebo třtinového cukru je nejčastější příčinou těchto chutí. Obecně 0,5 kg cukru na 20 litrů várky je označováno jako mezní limit, než se začnou vytvářet jablečné a další nežádoucí chutě.

Předejít této nepříjemné chuti se dá použitím jiného zdroje zkvasitelných cukrů, jako je například med, který nezanechává žádné medové aroma. Pokud je chyba v kvasnicích, delší ležení může pomoci k rozptýlení nežádoucích chutí.

- Diacetyl

Diacetyl je přirozeně produkován všemi druhy kvasnic během kvašení a následně kvasnicemi opět absorbován. Zvýšené množství diacetylu, který není absorbován, může být důsledkem rychlé flokulace (klkatění, shlukování, vločkování) kvasnic, slabých nebo zmutovaných kvasnic, slabého nebo naopak příliš vysokého provzdušnění, nízkých teplot kvašení, krátké doby vaření, pomalého zchlazení (typicky přes noc), kontaminace nebo brzkého stočení.

Pro dostatečnou redukci diacetylu se musí provést určité kroky. Vždy se musí používat vysoce kvalitní kvasnice, dobře provzdušněné, které se před zakvašením mladiny rozkvasí. [20]

- Dimethylsulfid

Dimethylsulfid (DMS) a jeho prekurzor S-methyl-L-methionin (SMM) přináší do varního procesu slad, ve kterém tyto látky vznikají při klíčení. SMM se působením zvýšených teplot při hvozdění a v průběhu varního procesu rozkládá za vzniku dimethylsulfidu. Tato látka již v koncentracích okolo 35 až 40 $\mu\text{g/l}$ může být v pivu sensoricky nepříznivá, při obsahu 100 $\mu\text{g/l}$ dává pivu nepříjemnou mladinovou až zeleninovou příchut'.

Při běžném chmelovaru se obsah DMS snižuje v přímé závislosti na teplotě varu a pH mladiny, se zvyšujícími se hodnotami těchto kritérií jeho obsah klesá. Bylo prokázáno, že při teplotě 100°C obsah DMS poklesne ze 100 až 380 $\mu\text{g/l}$ na 10 až 27 $\mu\text{g/l}$, při varu za tlaku s teplotou 120°C až k nule. [1]

- Esterová/ovocná

Tvorba esterů je spojována s metabolismem lipidů pivovarských kvasinek a je závislá na použitém kmenu kvasinek, teplotě kvašení, složení mladiny a jiné. [1] Základním pravidlem je – čím větší teplota při kvašení, tím více esterů kvasnice vyprodukuje. [20]

Tvorba ethylacetátu a isoamylacetátu nastává v době kvašení, kdy je pivovarskými

kvasinkami ukončena syntéza lipidů, hlavně nasycených mastných kyselin. Třetinu esterů tvoří ethylacetát, který v množství 5 µg/l dává pivu ovocnou vůni, ve vyšších koncentracích 30 mg/l dává pivu nepříjemnou vůni po rozpouštědlech. Velmi silné ovocné aroma vykazuje isoamylacetát, tvořící se ve značném množství při vyšších teplotách kvašení. [1]

Vždy je nutno použít dostatečné množství kvasnic pro danou stupňovitost piva. Teplotu kvašení je nutno udržovat pod 24°C. Kvašení v rozmezí 15 - 18°C omezí vznik esterů, ale kvašení bude pomalejší (platí pro svrchně kvašená piva). [20]

- Trávová/listová

Většinou je tato chuť výsledkem použití plesnivého nebo starého sladu či výtažku případně šrotování sladu příliš dlouho dopředu před vařením. Původem může být také chmel, který je špatně ošetřen před zabalením či skladováním.

Slad by se měl skladovat na chladném, suchém a tmavém místě. Předšrotovaný slad by měl být použit během 2 - 4 týdnů od šrotování. Vždy je nutno používat vysoce kvalitní chmel. Obecně platí – pokud ingredience vypadají, voní a chutnají dobře, měly by být dobré k použití.

- Obilná

Příliš najemno našrotovaný slad, připálený slad, vyslazování při více než 80°C, dosažení vysokého pH při vyslazování (6 a více), příliš slaná voda nebo voda obsahující železo. Tyto chutě jsou časté při vaření ze základních surovin díky použití sladu a vystírce a vyslazování. Nutné je vyhnout se příliš jemně našrotovanému, až rozemletému sladu. [20]

- Mediciální

Původem těchto problémů bývají různé fenoly. Fenol vzniká dekarboxylací fenolových kyselin za pomoci kvasinek. [1] Užití chloru nebo sanitačních prostředků na jeho bázi může vyvolat vznik chlorofenolů.

Je nutno používat správné techniky rmutování a vyslazování a vždy dodržovat zásady správné sanitace pro dané sanitační prostředky. [20]

- Kovová/železitá

Tato chuť může vzniknout při vaření mladiny ve špatně ošetřených kovových hrncích/nádobách, zejména železných, hliníkových a ocelových (kromě nerez), dále při použití špatného vybavení jako jsou zátky, sudy, spilky. Použití vysoce železité vody nebo špatně skladovaného sladu je také častou příčinou.

Z tohoto důvodu se smí používat výhradně nerezové varny a vybavení. Nepoužívá se nefiltrovaná voda ze studny a voda s vysokým obsahem železa.

- Plesnivá

Příčinou je kvašení piva ve vlhkém a zatuchlém prostředí nebo použití plesnivého sladu nebo extraktu. Spilka a její okolí musí být v suchém a tmavém prostředí.

- Oxidační

Oxidace vzniká, když kyslík negativně reaguje s molekulami v mladině nebo hotovém pivu. Pokud se dostane teplá mladina nebo pivo po prvotním kvašení do styku s vyšším obsahem kyslíku, mohou vzniknout papírové nebo „sherry“ chutě. Oxidaci může způsobit i ponechání přílišného volného místa v hrdle láhve. Dále oxidaci může způsobit vysoké stáří piva, vysoké teploty skladování/ležení, přidávání vody do hotového piva. Oxidace se však nezpůsobí provzdušněním mladiny před zaočkováním kvasnicemi, to je naopak potřebné pro kvalitní proces kvašení.

Oxidace je ve většině případů důsledkem zbytečného přelévání a manipulace s pivem po primárním kvašení. Je nutné vyhnout se provzdušňování za teplot vyšších než 26°C a snažit se mladinu zchladit na zákvasnou teplotu co nejdříve. Mladina je při vyšších teplotách náchylnější k oxidaci.

- Ořechová

Výsledek oxidace nebo vystavení piva vyšším teplotám při ležení. Aby tato chuť nevznikla, je nutné skladovat pivo při teplotách nižších než je 12°C, a předcházet oxidaci při stáčení.

- Slaná

Důvodem je použití velkého množství soli, změkčovače k úpravě vody. Nikdy se proto nesmí používat sůl a změkčovače k úpravě vody, aniž by bylo známo, kolik soli varní voda skutečně obsahuje a jaký bude mít přídavek další soli na varní vodu vliv.

- Pižmová/skunková

Pokud je chmel vystaven UV záření ze slunce, α -hořké kyseliny se rozkládají a reagují se sulfanem, který produkují kvasnice. Tato reakce tvoří thiol, což je stejná chemická sloučenina jako sekret skunka.

Světlá piva a hodně chmelená piva jsou náchylnější k těmto problémům, naopak piva tmavá jsou vůči tomuto jevu odolná. Tato vada se častěji vyskytuje u piv v zelených lahvích, kam UV záření, oproti hnědým lahvím, snáze proniká.

- Mýdlová

Vzniká, pokud se mladé pivo ponechá po primárním kvašení ve spilce příliš dlouho, při kvašení se totiž uvolňují mastné kyseliny. Proto je nutné pivo stočit do sekundárního

kvašení (ležení) co nejdříve po primárním kvašení. K tomuto jevu jsou náchylná velmi světlá piva.

- Ředidlová

Její příčinou je velmi vysoká teplota kvašení a oxidace piva zároveň nebo použití plastů, které nejsou určeny pro potravinářské účely.

Je potřeba se vyhnout kvašení při teplotách vyšších, než jsou pro daný kmen kvasnic určené. [20]

- Síra/sulfan

Sulfan jakožto chemická sloučenina, která je zodpovědná za nepříjemnou vůni síry, je přírodně vytvářen všemi kvasnicemi během kvašení. Vzniká ze síranu využitelného při tvorbě sirných aminokyselin, reakce silně závisí na fázi buněčného cyklu. Všechny pochody podporující kvasničný růst (okysličení, zvýšený obsah lipidů a vyšší teplota) tvorbu sulfanu podporují. [1]

Během kvašení je produkce sulfanu nezbytná. Oxid uhličitý odstraní při sekundární fermentaci většinu sulfanu pryč. Dostatečně dlouhé ležení nebo zrání by mělo všechny sirné chutě či vůně odstranit. [20]

- Trpká/kyselá

Tato chuť je většinou problém bakteriální infekce nebo infekce divokými kvasnicemi. Bakterie a spontánní kvasinky jsou ve vzduchu neustále všude kolem, proto je riziko kontaminace prakticky nepřetržitě. Vše je proto před samotným vařením nutno vysanitovat, aby byly nádoby i prostředí dokonale sterilní. Mladina, u níž by teplota klesla pod 80°C se stává ideálním útočištěm pro okolní kvasinky a bakterie.

- Sladká

Určitý stupeň sladkosti je ve většině piv vyžadován, ale pivo, které chutná jako nezkvašená mladina je zřejmě výsledkem příliš brzkého stočení a nedostatečného prokvašení. Další příčinou může také být nedostatečné nachmelení piva a slabá hořkost. Problémem se může také stát nesprávné nebo přehnané použití ovocných složek do ovocných piv.

Vždy je nutné použít kvalitní kvasnice a nadávkovat jich stanovené množství pro cílovou stupňovitost. Je také důležité dodržovat správné teploty kvašení a vyhnout se kvašení při nižších teplotách než je doporučeno pro daný typ kvasnic.

- Kvasničná

Tuto příchuť způsobují nezdravé nebo zmutované kvasnice. Pokud pivo kvasí na mrtvých kvasnicích delší dobu, začnou se mrtvé kvasnice samy požírat (autolýza), což bývá

zdrojem hrubých a sirných příchutí. Mladé pivo může mít kvasničnou příchut', pokud se kvasnice ještě řádně neusadily.

Při stáčení je nutno ponechat většinu kvasnic ve spilce. Určitá část se samozřejmě přenést musí, aby se pivo správně nasýtilo. [20]

5.3.3 Produkty Maillardovy reakce (další látky, které ovlivňují sensorické vlastnosti piva)

Maillardova reakce je reakce aminokyselin (bílkovin) s redukujícími sacharidy (zejména s monosacharidy, hexosami a pentosami, a s redukujícími oligosacharidy). Tyto reakce probíhají při chmelovaru a jejich výsledkem jsou vysokomolekulární barevné komponenty zvané melanoidiny. Kromě toho se v průběhu reakce uvolňuje řada těkavých, heterocyklických látek.

Dále vznikají furanové deriváty, které mají nevýznamné aroma, ale během kvašení mohou být přeměňovány na sloučeniny s významnou chutí (například chlebová chuť je způsobena furfurylmethylsulfidem, což je u tmavých piv do určité míry žádoucí, ale u světlých piv to narušuje charakter chuti).

Pyrolly se vyznačují chlebovým aroma a jsou obsaženy i ve světlých pivech. Jejich tvorba při chmelovaru závisí na podmínkách procesu.

Při Maillardových reakcích vzniká mnoho dalších sloučenin, které jsou však pro sensoriku piva nedůležité.

Nadměrná tvorba produktů Maillardovy reakce při neúměrné intenzitě chmelovaru může významně nepříznivě ovlivnit chuťové vlastnosti piva a má hlavní vliv na nepříznivé přibarvování mladiny a piva.

Aldehydy se tvoří během kvašení tím více, čím je vyšší dávka kvasnic a zákvasná teplota a čím nižší je provzdušnění mladiny. Nejvíce zastoupený je acetaldehyd (až 90%), jeho obsah kolísá mezi 3 až 20 mg/l. Množství acetaldehydu nad 20 mg/l způsobuje tak zvanou sklepní nebo i zeleninovou příchut'. Hladina acetaldehydu se může zvyšovat na počátku dokvašování vlivem provzdušnění při přečerpávání zeleného piva, při kterém dochází k částečné oxidaci a konverzi etanolu na acetaldehyd. Během normálního průběhu dokvašování a zrání piva však obsah acetaldehydu klesá o 20 až 70% na 3 až 6 mg/l. Při vyšších koncentracích může pivo vykazovat jablečnou vůni, jejíž průkaznost závisí na celkovém sensorickém charakteru piva.

Volné mastné kyseliny se tvoří během prvních čtyř dnů kvašení. Jejich zvýšené množství v pivu způsobuje špatný fyziologický stav násadních kvasnic, kalné mladiny a teplé

dokvašování. Vyšší hladiny mastných kyselin (hexanové, oktanové, dekanové) způsobují kvasničnou příchut'.

5.4 Laboratorní analýza piva

Velké množství látek ovlivňující senzorické vlastnosti je stanovováno objektivně pomocí chemických rozborů. Chemické rozborů jsou prvotním měřítkem pro určení vlastností piva, po kterých nastupuje subjektivní senzorické hodnocení. Nejprve se tedy zjistí chemickou analýzou nepříznivé látky, které pivo obsahuje. Subjektivní hodnocení pomocí školených senzorických hodnotitelů poté určí, zda je pivo skutečně senzoricky nevyhovující.

5.4.1 Odběr a úprava vzorků před analýzou

Jen výjimečně je vzorek k analýze připraven v takové formě, že je možné hned stanovovat požadované složky. Nejprve se provede odběr vzorku a poté analytik vzorek upraví do formy, která je nutná pro analýzu. Způsob odebírání vzorku je určen platnými normami. Musí se dodržovat podmínky zaručující sterilitu prostředí, neboť kvalita se posuzuje nejen dle stanovovaných látek, ale také podle mikrobiologické kontroly.

Nejjednodušší je odebírání kapalných nebo plyných vzorků, při odebírání tuhých vzorků je nutno přihlížet k uskladnění, obsahu vlhkosti aj. Při vzorkování se dává přednost odběru vzorku v pohybu, tedy při vykládce, překládce nebo pytlování. [32]

5.4.2 Metody používané k přípravě a stanovení látek v pivu

Ke stanovení senzoricky aktivních látek v pivu se používají analytické metody, které využívají úpravy vzorku. K tomu se používají techniky založené na extrakci v systému kapalina-kapalina, extrakci na tuhé fázi (SPE), nebo destilační postupy. V poslední době se stávají populárními mikroextrakční metody, jako např. extrakce na tuhé fázi (SPE), mikroextrakce na tuhé fázi (SPME), extrakce na míchací tyčince (SBSE) nebo mikroextrakce na jedné kapce (SDME).

K analytickému stanovení senzoricky aktivních látek se používají metody plynové chromatografie (GC) a kapalinové chromatografie (HPLC). [30]

Tab. č. 3: Extrakční metody používané k přípravě a stanovení látek [27, 30, 31, 32, 33]

Extrakční metoda:	Stanovované látky:
Extrakce na tuhé fázi	chlorfenol, vyšší aromatické alkoholy, iso- α -hořké kyseliny, mastné kyseliny, furfural, vicinální diketony, polyfenoly, 2- fenylethanolu, tyrosolu a tryptofolu a umělá sladidla, (dále se využívá pro analýzu vody na stanovení pesticidů a jiných kontaminantů životního prostředí)
Mikroextrakce na tuhé	nižší alkoholy, fenoly, estery, dimethylsulfid, vicinální diketony, mastné kyseliny a karbonylové látky
Extrakce na míchací tyčince	3-methyl-2-buten-1-thiol (původce lentilkové chuti), vicinální diketony, sirné látky, estery, hořké kyseliny a karbonylové kyseliny
Mikroextrakce na jedné kapce	dimethylsulfid, sirné látky a nižší alkoholy

5.4.2.1 Extrakční metody používané k přípravě vzorku k analýze

- **Extrakce na tuhé fázi**

Extrakce na tuhé fázi (SPE – Solid phase extraction) je nejčastěji používána při zpracování kapalných vzorků, především pro extrakci středně těkavých a netěkavých látek, jejich zakoncentrování a odstranění nežádoucích látek, rušících následná analytická stanovení. Metoda je rychlá, přesná a reprodukovatelná.

Princip sorbce je obdobný jako u kapalinové chromatografie, a také nabídka sorbentů je široká. Nejdůležitějším krokem je volba správného sorbentu. Používají se chemicky obrácené vázané fáze na bázi silikagelu, normální fáze a iontově výměnné fáze, ale i celá řada dalších sorbentů.



Obr. 1: Kolonky se sorbentem[34]

SPE je extrakční postup, ve kterém se uplatňuje rovnováha mezi fází tuhou a kapalnou. Vzorky, které nás zajímají, ale i interferující látky jsou ve fázi kapalně. Jsou zadržovány na tuhém sorbentu, který je uložen ve speciálních SPE kolonkách nebo discích. Sorbent má větší zrnění než je tomu u kapalinové chromatografie, takže lze pracovat při nízkém podtlaku či přetlaku.

Při SPE se zkoumaný vzorek sorbuje na tuhou fázi z fáze kapalně. Interakce vzorku s tuhou fází musí být silnější než s fází kapalnou, ve které je vzorek rozpuštěn. Po extrakci na tuhou fázi je zkoumaný vzorek v roztoku, obsahuje minimum interferujících látek a je v dostatečné koncentraci. [31, 34]

- **Mikroextrakce na tuhé fázi**

Mikroextrakce tuhou fází (SPME - Solid phase microextraction) je izolační metoda, při níž dochází k sjednocení procesu vzorkování a extrakce. Principem této metody je sorbce složky vzorku na stacionární fázi pokrývající křemenné vlákno, které se nachází uvnitř kovové jehly. Vlákno o délce 1 cm pokryté polymerem je nejdůležitější součástí zařízení. Jehla slouží k ochraně vlákna před mechanickým poškozením a k propíchnutí septa v zátce vialky, ve které se nachází matrice. Jehla s vláknem se zasune do vzorku, vlákno se z jehly při procesu vzorkování vysune pomocí pístu a po dosažení sorpční rovnováhy se zase zasune zpět do jehly. Po dosažení rovnováhy (2 – 90 min) se vlákno zatáhne a celá jehla se ze vzorkované matrice vytáhne a vloží se do nástřikového prostoru chromatografu (plynového nebo kapalinového) a vlákno se opět vysune. K výhodám této metody patří rychlost stanovení, citlivost a také vysoká přesnost.

Získání dobrých a spolehlivých výsledků při používání metody SPME je ovlivněna celou řadou faktorů, např. polaritou a tloušťkou stacionární fáze, způsobem vzorkování, hodnotou pH, iontovou silou roztoku, teplotou vzorku, mícháním a podobně. Nepolární vlákna by se měla používat pro extrakci nepolárních vzorků a naopak. Citlivost SPME metody ovlivňuje tloušťka stacionární fáze vlákna. Silnější vrstva je schopna vyextrahovat více zkoumaného vzorku než vrstva tenká. Proto se vlákno se silnější vrstvou používá pro zachycení těkavějších látek. Tenká vrstva naopak zajišťuje zrychlenou difúzi a uvolnění výše vroucích látek během tepelné desorpce. [29]

- **Extrakce na míchací tyčince**

Extrakce na míchací tyčince (SBSE – Stir bar sorptive extraction) je založena na stejných principech jako mikroextrakce na tuhé fázi, ale tím, že je použito podstatně větší množství polydimethylsiloxalové fáze (50 – 300 μ l) a dochází k výrazně většímu obohacení organických sloučenin z extrahované matrice.

Magnetická tyčinka se zavede do skla, sklo je deaktivováno a pokryto polydimethylsiloxanovou fází „twister“.

Extrakce probíhá velmi jednoduše. „Twister“ se vloží přímo do vzorku a nechá se míchat po dobu 30 – 120 minut. Během této doby dochází k rozdělení vzorků mezi maticí a polydimethylsiloxanovou fází „twisteru“ podle jejich rozdělovacích koeficientů. Potom je „twister“ vložen do termálního desorbéru, kde dojde k termální desorpci zkoumaných vzorků (obvykle při teplotě 150 – 300°C). Poté se může detekce provést například na plynovém chromatografu. [30]

- **Mikroextrakce na jedné kapce**

Při mikroextrakci na jedné kapce (SDME – Single drop extraction) se mikrostříkačka naplní extrakčním rozpouštědlem eventuálně s vnitřním standardem. Jehlou se propíchnou septum vialky se vzorkem a jehla se ponoří do vzorku. Přímou ve vzorku se na špičce jehly vyloučí kapka extrakčního rozpouštědla obvykle o objemu 1 μ l. Po extrakci se kapka nasaje zpět do jehly a zavede se do nástřikového prostoru plynového chromatografu.

Extrakci podporuje míchání vzorku, nicméně pokud se pracuje v režimu kapky vytvořené přímo ve vzorku, velkým nebezpečím se stává nestabilita vytvořené kapičky. Dalšími parametry ovlivňujícími extrakci jsou velikost kapky, doba extrakce, volba rozpouštědla, vysolování.

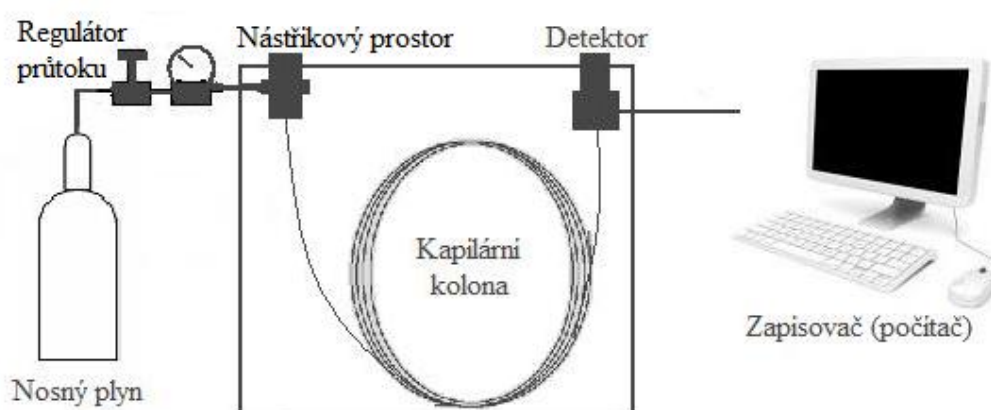
Jinou možností je umístění kapky těsně nad hladinou vzorku. SDME v porovnání s SPME se vyznačuje podobnou opakovatelností a rychlostí extrakce a navíc přináší určité výhody. Jednak je výběr rozpouštědel mnohem širší než výběr komerčně dostupných SPME vláken. Zvolená rozpouštědla mohou mít bod varu vyšší nebo nižší než látky, které chceme extrahovat, a také rozsah polarit extrakčního rozpouštědla může být velmi široký. Dále cena použitého rozpouštědla je naprosto zanedbatelná vzhledem k ceně SPME vláken. Na druhé straně komplikace při SDME způsobuje nebezpečí příliš rychlého odpaření kapky níže vroucího rozpouštědla v průběhu extrakce. Z tohoto důvodu se výběr vhodného rozpouštědla poněkud zužuje.

Výhodou SDME postupu je minimální spotřeba rozpouštědel. Vzhledem k podobnosti metody SDME s SPME se dá tento postup lehce automatizovat. [31]

5.4.2.2 Chromatografické metody stanovující látky v pivu

- **Plynová chromatografie**

Plynová chromatografie (GC – Gas chromatography) je analytická a separační metoda, která má výsadní postavení v analýze těkavých látek. Mezi hlavní výhody této techniky patří jednoduché a rychlé provedení analýzy, účinná separace látek a malé množství vzorku potřebné k analýze. Existuje mnoho variant, v praxi jsou nejvíce rozšířené plynové chromatografy s kapilárními kolonami. Na obrázku 2 je schéma plynového chromatografu s kapilární kolonou. [33]



Obr. 2: Schéma plynového chromatografu [33]

Podle stacionární fáze se GC dělí na chromatografii v systému plyn – pevná látka (GSC) a na chromatografii plyn – kapalina (GLC). U GSC je distribuce zkoumaného vzorku mezi stacionární a mobilní fází založena na adsorpci, nevýhodou je úzká oblast linearit

adsorpční isotermy. GLC je příkladem rozdělovací chromatografie, kdy dochází k rozpouštění látky v obou fázích. Kapalná fáze je v koloně ukotvena, musí mít nízkou tenzi par a musí být chemicky stabilní i při vysoké pracovní teplotě. Jako kapalné stacionární fáze pro GLC se často používají např. polyethylenglykoly, polyesteru nebo polysiloxany.

V GC je mobilní fáze představována nosným plynem. Jako nosné plyny se nejčastěji používají vodík, dusík, helium, argon. Při volbě nosného plynu se uvažují následující faktory: viskozita, účinnost, čistota, reaktivita, typ používaného detektoru a cena plynu. Průtok mobilní fáze musí být optimalizován tak, aby se dosáhlo co nejlepšího rozdělení látek na koloně, tj. nejmenšího rozšíření zón separovaných látek. Čtyři hlavní děje, podílející se na rozšiřování zón během průchodu kolonou:

- vířivá difúze – různé molekuly musí urazit různé vzdálenosti,
- podélná molekulární difúze – molekuly putují z místa o vyšší koncentraci do místa o nižší koncentraci, po i proti směru proudění mobilní fáze,
- odpor proti přenosu hmoty ve stacionární fázi – různé molekuly difundují různě hluboko do stacionární fáze,
- odpor proti přenosu hmoty v mobilní fázi – rychlostní profil mobilní fáze je parabolický.

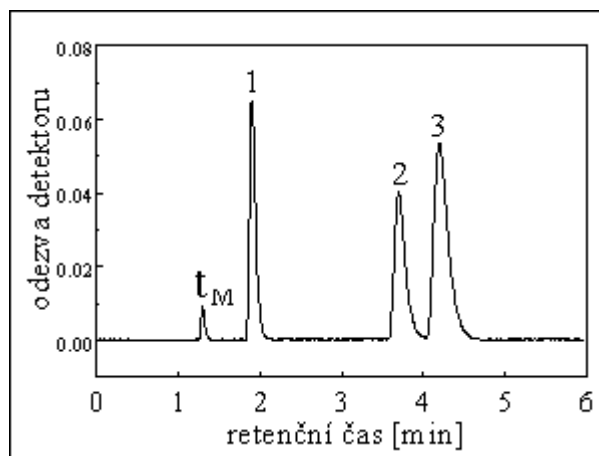
Regulátor tlaku a průtoku plynu je elektronické zařízení, které zaručuje konstantní průtok plynu kolonou a detektorem bez ohledu na typ nosného plynu, teplotu a rozměry kolony. Tlak je potom proměnnou veličinou a nastaví se automaticky podle viskozity plynu, vnitřního průměru kolony a délky kolony tak, aby průtok kolonou byl konstantní.

V GC se používají kapilární kolony, které se vyrábějí z křemenného skla a kvůli pevnosti jsou potaženy filmem polyimidu. Kapilární kolony nemají průměr větší než 5 mm, délka se může pohybovat od desítek do stovek metrů. Stacionární fáze je rozprostřena na vnitřních stěnách kapiláry. Kolona je umístěna v termostatu, který je temperován na určitou teplotu.

Detektory u GC mohou být různého druhu a jejich teplota by měla být vyšší než je teplota plynů vycházejících z kolony, aby se zabránilo kondenzaci látek na stěnách detektoru. Příklady využívaných detektorů u GC:

- Tepelně vodivostní detektor (TCD),
- Plamenově ionizační detektor (FID),
- Detektor elektronového záhytu (ECD),
- Hmotnostně spektrometrický detektor (MS).

Chromatogram se získá jako grafický záznam závislosti napěťové odezvy detektoru na čase. Ze získaných chromatogramů lze vyhodnotit retenční parametry jednotlivých signálů, plochy a výšky píků atd. Záznam GC je na obrázku 3. [33]



Obr. 3: Záznam GC [33]

Kvantitativní vyhodnocení metody v GC se provádí pomocí metody standardního přídatku, vnitřní normalizace, vnitřního standardu nebo absolutní kalibrace.

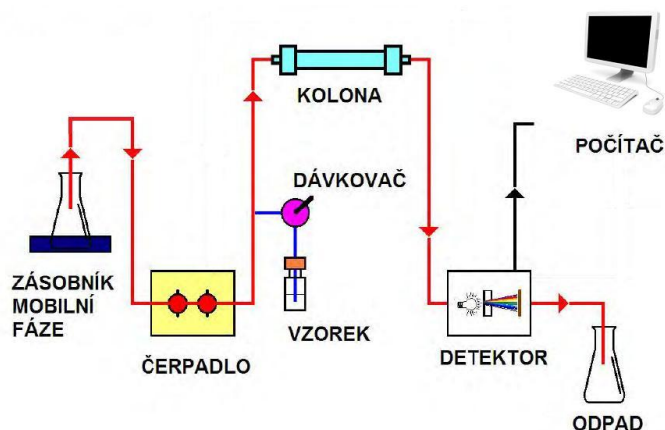
Kvalitativní analýza v GC jako taková neposkytuje informace o struktuře látek ve vzorku. Při kvalitativní analýze v chromatografii se identifikace stanovovaného vzorku provádí na základě srovnání retenčních dat vzorku a standardu. Retenční data stanovovaného vzorku odrážejí jeho specifické interakce se stacionární a mobilní fází. Např. retenční čas lze považovat za specifickou vlastnost zkoumaného vzorku v daném chromatografickém systému, a tedy retenční časy mohou sloužit jako prostředek pro identifikaci látek v daném chromatografickém systému. Je však nutno si uvědomit, že retenční čas není neměnnou vlastností vzorku, změny chromatografického systému vedou ke změně retenčního času. Také je jasné, že retenční čas sám o sobě nemůže sloužit k identifikaci daného vzorku a že bez předchozí částečné znalosti vzorku se retenční čas nedá obecně použít pro identifikaci látek. Existuje vždy předpoklad o identitě, který závisí na předběžné znalosti zkoumaného vzorku, efektivnosti systému a použité identifikační metodě. Identifikace neznámých složek se může provést také pomocí speciálních detektorů. [33]

- **Kapalinová chromatografie**

Kapalinová chromatografie (HPLC - High-performance liquid chromatography) je separační metoda založená na rozdílu v distribuci látek mezi dvě nemísitelné fáze, z nichž mobilní fáze je kapalina, která postupuje stacionární fází naplněnou do kolony. HPLC umožňuje dělení všech organických méně těkavých kapalných i tuhých látek, které jsou

rozpuštěné v běžných organických rozpouštědlech a ve vodě nebo ve zředěných minerálních kyselinách. HPLC probíhá v uzavřeném systému a je založena zejména na mechanismu adsorpce, rozdělování, výměny iontů, vylučování nebo stereochemických interakcích.

Přístroj se skládá z čerpacího systému, dávkovacího zařízení, chromatografické kolony, detektoru a zařízení na zpracování dat. Mobilní fáze je do systému přiváděna z jednoho nebo více zásobníků a protéká obvykle konstantní rychlostí kolonou a detektorem. Schéma je znázorněno na obrázku 4.



Obr. 4: Schéma HPLC [35]

Čerpadlo je potřebné pro přivádění mobilní fáze konstantní průtokovou rychlostí, u něhož má být kolísání tlaku co nejmenší. Roztok se dávkuje do protékající mobilní fáze pomocí dávkovacího zařízení, které je schopno pracovat při vysokém tlaku. Používají se zařízení s dávkovací smyčkou o konstantním nebo proměnném objemu nebo automatické dávkovače. Ruční dávkování může způsobit horší přesnost nastříkovaného objemu.

Nejběžněji používanými detektory jsou:

- Refraktometrický detektor,
- UV/VIS Spektrofotometrický detektor,
- Spektrofotometrický detektor s diodovým polem,
- Fluorescenční detektor,
- Hmotnostně spektrofotometrický detektor.

Při kvalitativním vyhodnocení se v HPLC používá retenčních časů (doba průchodu látky kolonou) nebo retenčních objemů (objem nosného plynu potřebný k eluci složky). Úkolem kvantitativní stanovení je nalezení vztahu mezi plochou nebo výškou píku a množstvím eluované látky. Plochy píků lze nejpřesněji vyhodnotit pomocí digitálních integrátorů. [28, 32]

6 Senzorická analýza piva

Hodnocení kvality piva můžeme rozdělit na objektivní a subjektivní senzorickou analýzu. Objektivní hodnocení zahrnuje co nejpřesnější popis a hodnocení vjemů hodnotitele, čili specifikuje pomocí určité metodiky organoleptický charakter produktu. Toto hodnocení mohou provádět pouze školení hodnotitelé. Zatímco subjektivní senzorická analýza informuje o vztahu hodnotitele k posuzovanému výrobku, zda mu produkt chutná či nechutná. Je nutné rozlišit, zda toto hodnocení provádí zkušební hodnotitelé nebo spotřebitelé, kteří výrobek kupují.

Rozdílové testy řeší problematiku, zda má například změna surovin či varního postupu vliv na sensoriku. Degustátoři hledají nebo nehledají rozdíly podle předem utvořeného názoru (vědí, o jaký problém se jedná, a vědí, co který vzorek představuje). Volí se proto postupy, které umožňují vzorky rozlišit nebo mezi sebou porovnat. Například: „Je vzorek A hořčí než vzorek B?“, „Je vzorek A lepší než vzorek B?“ [15, 16]

6.1 Druhy rozdílových testů

Testy jsou různého druhu: párový, trojúhelníkový, duo-trio, tetrádový a pořadový. Jejichž příklad nebo popis jsou uvedeny níže (obrázek 5, 6, 7).

Párová zkouška	
Jméno:	Datum:
Cíl: Určení vyšší intenzity parametru	
Úkol: U předložené dvojice vzorků rozhodně, ve kterém vzorku je vyšší intenzita sledovaného parametru (podle cíle testu). Tento vzorek označte křížkem.	
1	2

podpis	

Obr. 5: Párová zkouška[15]

Pořadový test						
Jméno:			Datum:			
Cíl: Sestavit pořadí předložené skupiny vzorků.						
Úkol: Z předložené skupiny vzorků sestavte pořadí podle intenzity sledovaného parametru. Označení vzorků запиšte.						
nejvyšší - nejlepší			nejnižší - nejhorší			
1	2	3	4	5	6	7
_____						podpis

Obr. 6: Pořadový test [15]

Trojúhelníková zkouška		
Jméno:		Datum:
Cíl: Nalezení rozdílů mezi dvěma vzorky piva		
Úkol: V předepsaném pořadí dostanete tři vzorky piva. Určete, které dva vzorky jsou shodné, a který vzorek se odlišuje. Odlišný vzorek označte křížkem.		
1	2	3
_____		podpis

Obr. 7: Trojúhelníková zkouška [15]

Duo-trio test je založen na tom, že posuzovatel obdrží tři vzorky, z nichž první je standard. Hodnotitel porovná oba neznámé vzorky se standardem a jeho úkolem je rozhodnout, který z páru neznámých vzorků je shodný se standardem a který je rozdílný.

Při tetrádovém testu posuzovatel obdrží čtveřici (tetrádu) vzorků, z nichž první je standard, a tři vzorky jsou neznámé. Mezi těmito třemi vzorky jsou jeden nebo dva shodné se standardem a jeden nebo dva vzorky odlišné. Posuzovatel má za úkol určit, které vzorky jsou shodné a které odlišné od standardu. [15]

6.2 Zásady provádění a interpretace výsledků rozdílových testů

Nejvíce je třeba dbát na to, aby degustující nebyli rozptylováni jinými faktory, jako například hluk, vlhkost, zápach a teplota v místnosti. Další důležité vlivy, které negativně ovlivňují smyslové vnímání, jsou fyziologické vlivy (poškozené receptory, fyziologická

únava), psychické vlivy (psychická únava, pozornost, vyjádření poznatku) a sociální vlivy (rovnocennost hodnotitelů, nezvyklé prostředí, nutnost zapisovat výsledky).

Dále se musí splnit podmínky ohledně přípravy vzorků. Všechny vzorky musí mít stejnou teplotu i objem v degustačních neprůhledných nádobkách musí být u všech vzorků stejný. Výklad testů musí být jednoznačný a musí být jasně stanoven cíl testu.

6.3 Technické podmínky pro senzorickou analýzu

Hodnotitelé musí projít odborným výcvikem, musí být zaškoleni a seznámeni s problematikou. Při samotné degustaci by také měli být v dobrém psychickém stavu. Celé hodnocení by mělo probíhat v klidu, bez nátlaku na čas. Optimální je, aby se degustační komise skládala z 11 – 15 členů, minimum je stanoveno na 9 členů a jejich složení je neměnné. Stanoví se předseda degustační komise, který by měl mít znalosti v technologii, analytice i senzorické analýze.

Je důležité, aby se mezi sebou hodnotitelé nemohli dorozumívat, proto by měly být zvoleny vhodné prostory pro testy. Degustační místnost by měla mít dobrou ventilaci, teplotu kolem 21°C, vlhkost 80%, na podlaze by mělo být linoleum, ne koberec. Degustátoři u sebe nikdy nesmí mít mobilní telefon.

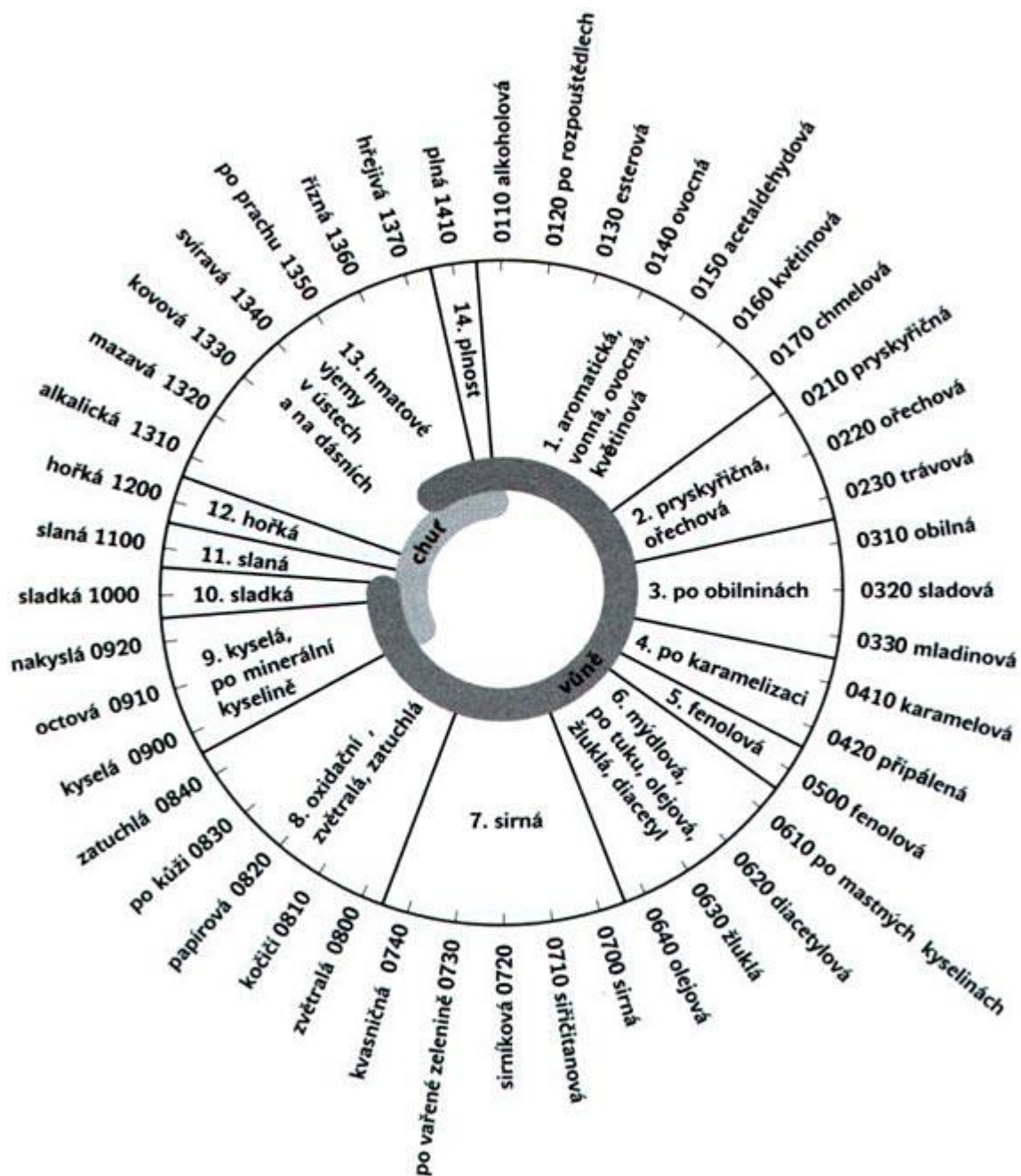
Degustační sousto slouží jako neutralizátor chuti. Při degustaci piva je jím salám (nekořeněný, méně slaný), sýr (tavený, plátkový, nekořeněný) a pečivo. Množství sousta záleží na každém individuálně.

Dále by měly být splněny požadavky ohledně samotného vzorku. Vzorek by měl mít teplotu 9 – 11°C a mělo by se podávat 4 – 6 vzorků za hodinu.

6.4 Kruhové schéma

Aby se pivovarští odborníci mezi sebou domluvili, byl vypracován Mezinárodní systém popisných termínů objektivního senzorického hodnocení piva. Organizace, které se na vypracování podílely, jsou: European Brewery Convention (EBC), American Society of Brewing Chemists (ASBC) a Master Brewer's Association of the Americas (MBAA). Schéma bylo vytvořeno, aby vznikla jednotná, jednoznačná a srozumitelná terminologie pro komunikaci mezi pivovarníky a pro výklad výsledků senzorické analýzy. Nejsou v něm zahrnuty termíny charakterizující subjektivní přístup (dobrý – špatný), ale pouze objektivní termíny.

Kruhové schéma obsahuje čtrnáct tříd, čtyřicet čtyři nadřazených termínů a sedmdesát osm druhořadých termínů. Jednotlivé termíny určují vůni, chuť, následnou chuť, teplotní a hmatové vjemy. Celkem tedy schéma obsahuje sto dvacet dva popisných termínů různých chutí a vůní. Každá samostatně identifikovatelná složka je charakterizována samostatným termínem. Termíny charakterizující podobné vjemy jsou umístěny společně. [17]



Obr. 8: Kruhové schéma [15]

Mezi vlastnosti piva ovlivněné oxidem uhličitým patří jeho říz. Říz piva patří k jeho významným a velmi obtížně definovatelným vlastnostem, neboť je výsledkem působení různých technologických, surovinových a zpracovatelských faktorů. Podle definice se řízem

piva rozumí štiplavý pocit, vyvolaný tímto nápojem v ústech a všeobecně se dává do souvislosti s nasycením piva oxidem uhličitým. Říz piva má výrazný vliv na oblibu piva a tím i na jeho konzumaci. Uplatňuje se nejen při uhašení fyziologické žízně konzumenta, ale zdůrazňuje u něho i pocit osvěžení. Přispívá bezesporu k souboru vlastností dobrého piva, které podle názorů starých sládků má vybízet k dalšímu napití. [17]

7 ZÁVĚR

V dnešní době se především velké průmyslové pivovary snaží senzorickou analýzu v průběhu výroby i konečného produktu nahradit chemickým rozbořem hlavních významných látek, které senzoricky ovlivňují výrobek především při distribuci k zákazníkovi. Je pravda, že jejich výrobky jsou kvalitnější oproti produktům malých výrobců, ale v konečném důsledku vznikají unifikovaná piva, která, co se týká chuťové kvality a „pitelnosti“ nejsou zajímavá.

Dle mého názoru by každý pivovar měl zvážit senzorické zkoušky jejich piva. Nejdříve by se měla zhotovit přístrojová analýza v laboratoři, aby se zjistilo, jaké složky v pivu nejsou v normě. Poté, podle výsledku laboratorního rozboru, lze vybírat druh senzorického testu a pozvat řádně proškolené a zkušené senzorické hodnotitele, kteří jsou přesně na vzniklou problematiku „vycvičení“.

Při návštěvě VÚPS jsem jednu školící senzorickou hodinu absolvovala a tam jsem také zjistila, že není lehké pojmenovat onu chuť či vůni, kterou člověk cítí. Přesně víte o jakou chuť nebo vůni jde, ale nedokážete ji slovně vyjádřit. Chce to cvik, opakování a hlavně zájem o problematiku. Řádně proškolený senzorický hodnotitel dokáže poznat i sebemenší odchylku ve vzorku piva, od piva, které je určeno jako standard. Laboratorní přístroje oproti tomu určí koncentraci látky, avšak ta může být v pořádku a pivo i přesto nebude „pitelné“. Proto se domnívám, že subjektivita senzorického hodnocení "člověkem" asi nikdy nebude zcela nahraditelná laboratorním hodnocením, z tohoto důvodu bude vždy třeba senzorickou a laboratorní analýzu kombinovat.

8 SEZNAM LITERATURY

- [1] Basařová G., Šavel J., Basař P., Lejsek T.: Pivovarství - Teorie a praxe výroby piva, VŠCHT, Praha 2010, s. 863
- [2] Hlaváček F., Lhotský A.: Pivovarství - Druhé, přepracované vydání, SNTL nakladatelství technické literatury, Praha 1972, s. 538
- [3] Kosař K., Procházka S., kolektiv autorů: Technologie výroby sladu a piva, Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a.s., Praha 2000, s. 398
- [4] <http://www.ssss.cz/files/kpucebnice/p/pv/1/napoje/pivo.htm>, staženo 27. března 2012
- [5] <http://domacipivovar.webnode.cz/vse-o-vareni-piva/chlazení/>, staženo 5. dubna 2012
- [6] Basařová G., Čepička J.: Sladařství a pivovarství, Nakladatelství technické literatury, Praha 1985, s. 256
- [7] Basař P., Basařová G., Hlaváček I., Hlaváček J.: České pivo, Havlíček brain team, Praha 2011, s. 320
- [8] http://eso.vscht.cz/cache_data/1168/www.vscht.cz/kch/kestazeni/sylaby/pivovarstvi.pdf, staženo 6. dubna 2012
- [9] Chládek L.: Pivovarství, Grada, Praha 2000, s. 207
- [10] http://www.maturita.cz/biologie/smyslova_soustava.htm, staženo 30. března 2012
- [11] Ingr I., Pokorný J., Valentová H.: Senzorická analýza potravin, Mendlova zemědělská a lesnická univerzita, Brno 1997, s. 201
- [12] Scheuren H., Menze J., Sommer K.: A new approach to sensory evaluation, *Brewering science*, **63** (11/12): 2010, s. 128 - 132
- [13] Narziss L.: There is more to hops than simply α -acids, *Brauwelt International*, **28** (1): 2010, s. 17 - 21
- [14] http://etext.czu.cz/php/skripta/kapitola.php?titul_key=4&idkapitola=182, staženo 7. dubna 2012
- [15] http://www.beerresearch.cz/index.php?option=com_rubberdoc&view=category&id=122%3Apivovarska-kola-senzorika-piva&Itemid=159&lang=cs, staženo 25. května 2012
- [16] Cuřín J., Čejka P.: Senzorická analýza piva. Závěrečná zpráva, VÚPS, Praha 1992
- [17] Stařec M.: <http://www.pivovary.info/view.php?cislocclanku=2007120009/>, vydáno 20. prosince 2012, staženo 5. května 2012
- [18] Kellner V.: Pivo, vitamíny a další důležité látky pro výživu a zdraví člověka, VÚPS, <http://www.beers.cz/dokumenty/7.pdf>, staženo 5. května 2012

- [19] Stařec M.: <http://www.pivovary.info/view.php?cisloclanku=%202008010004>, vydáno 8. ledna 2008, staženo 5. května 2012
- [20] Home Brew Off Flavors and How to Avoid, <http://morebeer.com/content/homebrew-off-flavors>, staženo 7. května 2012
- [21] Bamforth Ch.: Brewer's yeast – A brief overview, Brewer and Distiller International, **5**(6), 2009, s. 13 – 15
- [22] Čejka P.: Původ chutí a vůní v pivu, Pivovarská škola, Školící informační středisko, projekt č. JPD 3/263
- [23] Jindřich V.: Pivo na cestě do vyšší gastronomie XI., Gastro & Hotel, 05, 2009, s. 54 - 58
- [24] Storchová V.: Pivo na talíři aneb není pivo jako pivo, Gastro & Hotel, 05, 2011, s. 54 - 56
- [25] Šulcová M.: Každé pivo má svoji sklenici, Gastro& Hotel, 02, 2011, s. 57
- [26] Jaskula B., et al.: Hopping technology in relation to beer bitterness consistency and flavor stability, Journal of the American Society of Brewing Chemists, **65**, 2007, č. 1, s. 38 - 46
- [27] Březina M., Zuman P.: Polarografie v lékařství, biochemii a farmacii, Zdravotní nakladatelství, Praha 1952, s. 127
- [28] http://www.lekopis.cz/Kap_2_2_29.htm, staženo 4. června 2012
- [29] http://fvhe.vfu.cz/export/sites/fvhe/adresa/sekce_ustavy/uvozp/Teorie_SPME.pdf, staženo 4. června 2012
- [30] Horák T., Čulík J., Jurková M., Čejka P., Kellner V.: Extrakce na míchací tyčince – nová možnost při analýze některých senzoricky aktivních látek v pivu, Kvasný průmysl, **54**, 2008, číslo 4, s. 102 – 107
- [31] Horák T., Čulík T., Jurková M., Čejka P., Kellner V., Dvořák J., Hašková D.: Možnosti využití moderních metod přípravy vzorků pro plynově chromatografické analýzy při analýze nápojů a zejména piva - část I. – literární přehled, Kvasný průmysl, **56**, 2010, číslo 9, s. 358 – 366
- [32] Holzbecher Z., Churáček J. a kolektiv, Analytická chemie, SNTL – Nakladatelství technické literatury 1987, s. 663
- [33] http://cheminfo.chemi.muni.cz/chem_sekce/predmety/C7300/GC/uvod.pdf, staženo 14. května 2012
- [34] <http://www.sigmaaldrich.com/img/assets/13080/01.pdf>, staženo 4. června 2012
- [35] <http://web.natur.cuni.cz/~analchem/bosakova/hplc2.pdf>, staženo 4. června 2012