



Fakulta zemědělská
a technologická
Faculty of Agriculture
and Technology

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

FAKULTA ZEMĚDĚLSKÁ A TECHNOLOGICKÁ

Katedra potravinářských biotechnologií a kvality zemědělských produktů

Diplomová práce

Senzorické vady pív z minipivovaru – technologie a zrání

Autor práce: Bc. Vlastimil Nohejl

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

Konzultant práce: Ing. František Lorenc, Ph.D.

České Budějovice
2023

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne

.....
Podpis

Abstrakt

Diplomová práce je zaměřená na senzorické vady pív z minipivovaru, které vznikají v průběhu výroby a zrání. V teoretické části jsou stručně popsány suroviny na výrobu piva a hlavní technologické postupy výroby, dále je zaměřena na specifikaci pивních vad dle jejich vzniku a příčin. Praktická část je soustředěna na senzorické a statistické vyhodnocení vzorků. První hodnocení má za cíl zjistit, zdali nezkušená degustační komise v oboru senzorické analýzy piva dokáže rozpoznat pивní vady „diacetyl“ a „dimethylsulfid“ oproti referenčnímu vzorku, uvařenému ve Výzkumném a výukovém minipivovaru Jihočeské univerzity, v druhé části jsou vyhledávány vady ve vzorcích pív z minipivovarů odbornou komisí. V první části bylo potvrzeno, že i nezkušená komise rozpozná pивní vady oproti senzoricky čistému vzorku a že nejméně příjemnou a nejvíce výraznou vadou je „dimethylsulfid“. U druhé analýzy bylo zjištěno, že ani jeden ze čtyř hodnocených vzorků nebyl senzoricky čistý a byla odůvodněna příčina vyskytujících se vad.

Klíčová slova: pивní vady; senzorická analýza; diacetyl; dimethylsulfid

Abstract

The master thesis focuses on sensory off-flavours in craft beer which develop during production and maturing. In theoretical part is a short description of ingredients used for brewing and main technological procedures. This part is also focused on the specification of off-flavours in beer according to their origin and cause. The practical part is focused on sensory and statistic evaluation of beer samples. The aim of the first evaluation was to find out if inexperienced assessors can identify the off-flavours diacetyl and dimethyl sulfide in comparison from reference sample brewed in university's microbrewery. In the second part were the off-flavours identified by expert assessors. The first part of the experiment confirmed that the inexperienced assessors was able to tell the difference between reference sample and sample with off-flavours. The least appealing and most distinct off-flavour was dimethyl sulfide. The second part of analysis showed that none of the four evaluated samples was sensory clean and the cause of occurring off-flavours was described.

Keywords: beer off-flavours; sensory analysis; diacetyl; dimethyl sulfide

Poděkování

Velké a vřelé díky patří vedoucímu práce doc. Ing. Pavlovi Smetanovi, Ph.D. a mému kolegovi Liborovi Smutkovi za trpělivost, výpomoc a podporu během psaní. Dále bych rád poděkoval rodině a všem mým boдрým přátelům, speciálně společníkům z TOVONO. s.r.o., kapele YI a českobudějovické alternativní písničkářce Marjari.

Obsah

Úvod.....	1
1 Literární přehled.....	2
1.1 Suroviny na výrobu piva	2
1.1.1 Slady a sladové náhražky	2
1.1.2 Chmel a chmelové produkty	4
1.1.3 Pivovarské kvasinky	6
1.1.4 Varní voda.....	7
1.2 Výroba mladiny a piva	7
1.2.2 Výroba mladiny.....	8
1.2.3 Výroba piva.....	10
1.4 Vady piva	12
1.4.1 Diacetyl	12
1.4.2 DMS – dimethylsulfid.....	13
1.4.3 Autolyzační	13
1.4.4 Sirovodík.....	14
1.4.5 Oxidační	14
1.4.6 Alkoholová.....	14
1.4.7 Po rozpouštědlech	15
1.4.8 Ovocná, květinová	15
1.4.9 Acetaldehydová.....	15
1.4.10 Chlorfenol, medicínální	16
1.4.11 Indol	16
1.4.12 Kovová	16
1.4.13 Adstringenti, trpká, svíravá	16
1.4.14 Tchořovitá (skunk).....	17

2	Cíl práce	18
3	Materiál a metodika	19
3.1	Senzorická analýza piva s přídavkem pivních vad	19
3.1.1	Materiál – pivo	19
3.1.2	Metodika – senzorické hodnocení.....	19
3.2	Senzorické vyhodnocení vzorků z minipivovarů.....	22
3.2.1	Materiál – pivo	22
3.2.2	Metodika – senzorické hodnocení.....	22
4	Výsledky a diskuze	23
4.1	Senzorická analýza piva s přídavkem pivních vad	23
4.1.1	Vyhodnocení senzorické analýzy	23
4.1.2	Vyhodnocení vzorků dle preference respondentů.....	27
4.1.3	Vyhodnocení dotazníku	27
4.2	Senzorické vyhodnocení vzorků z minipivovaru	29
4.2.1	Vzorek č. 123 – Světlý ležák (11 % EPM)	30
4.2.2	Vzorek č. 324 – Polotmavý ležák (12 % EPM)	32
4.2.3	Vzorek č. 645 – Světlý ležák (12 % EPM)	33
4.2.4	Vzorek č. 836 – Světlý ležák (12 % EPM)	34
5	Závěr	37
6	Seznam použité literatury.....	38
7	Přílohy	43
7.1	Degustační protokol k senzorické analýze piv s přídavkem pivních vad	43
7.2	Degustační protokol senzorického vyhodnocení piv z minipivovaru	45

Úvod

Pivo je fermentovaný alkoholický nápoj, globálně známý a inovovaný více než 15000 let. V České republice pivo není pouze potravinou, ale také důležitým kulturním prvkem. Ujistit nás v tom může několik reálií, například to, že roku 1585 byla Tomášem Hájkem z Hájku vydána první a pravděpodobně té doby jediná odborná publikace pojednávající o výrobě piva. V 18. století vynalezl František Ondřej Poupě tzv. pivní váhu (předchůdce sacharometru) a zavedl v pivovarech používání teploměru. Jedním z největších milníků české pivní historie je zcela jistě uvaření první várky spodně kvašeného plzeňského ležáku roku 1842 bavorským sládkem Josefem Grollem. Plzeňský ležák (pilsner) je od té doby jedním z celosvětově nejuznávanějších pivních stylů. Svůj podíl na tom mají i české odrůdy sladovnického ječmene a jedinečný žatecký chmel.

V současné době po celém světě existují průmyslové pivovary, které vyrábí pivo za pomoci špičkových moderních technologií s cílem vytvořit co nejvýhodněji a nejefektivněji produkt konzumentem oblíbený, za běžných podmínek dlouho trvanlivý, a jakostně i kvalitativně stálý. S moderními technologiemi a automatizací však zaniká kontakt sládka s jednotlivými úkony v průběhu procesu výroby a zaniká tak i řemeslná stránka výroby piva.

Kromě velkých průmyslových pivovarů mají na trhu stále silnější postavení pivovary menší – minipivovary. Ty se naopak soustředí na onu řemeslnou („craft“) stránku výroby. Automatizace je v procesech minimální nebo dokonce žádná, více dbají na rozmanitost svého sortimentu, experimentují se surovinami a přibližují tak konzumentovi nové pivní styly z celého světa.

V malých i velkých pivovarech je nutné v průběhu výroby dodržovat správné technologické postupy a zásady, aby ve finálním produktu nevznikly tzv. senzorické vady (off flavours). Zatímco ve větších pivovarech mohou tyto vady objektivně měřit a zamezovat jim, v minipivovarech záleží na vzdělání, zkušenostech a umu sládka, aby těmto vadám zabránil a jeho produkt měl správné organoleptické vlastnosti.

1 Literární přehled

1.1 Suroviny na výrobu piva

Již v roce 1516 byl vydán Bavorský zákon o čistotě piva, který se postupem času transformoval na dodnes známý a v Bavorsku stále platící zákon 'Reinheitsgebot'. V tomto zákonu se (mimo jiné) udává, že na výrobu piva se smí používat pouze ječmen, chmel a voda. Existence kvasnic a jejich role při fermentaci nebyla v 16. století doposud známa, zákon byl však v roce 1906 o tuto surovinu doplněn (Swinnen, 2011).

Dle aktuální české legislativy (vyhláška č. 248/2018 Sb.) se pivem rozumí „pěnivý nápoj vyrobený zkvašením mladiny připravené ze sladu, vody, neupraveného chmele, upraveného chmele nebo chmelových výrobků, který vedle kvasným procesem vzniklého etanolu a oxidu uhličitého obsahuje i určité množství neprokvašeného extraktu“.

1.1.1 Slady a sladové náhražky

Slad a sladové náhražky se využívají jako zdroje extraktivních látek, které jsou během procesu výroby enzymaticky degradovány až na základní látky (monosacharidy, disacharidy, dextriny) a během fermentace a zrání přeměněny na etanol, oxid uhličitý a další metabolity.

Na sladování se nejčastěji využívá jarní ječmen setý dvouřadý (*Hordeum vulgare* convar. *distichon*) z čeledi lipnicovitých (*Poaceae*). Sladovat však lze i jiné obilniny, jako jsou pšenice a žito (Basařová *et al.*, 2015).

Jako surogáty se označují náhražky sladu škrobnatého a neškrobnatého původu. Používají se převážně z ekonomických důvodů nebo při nedostupnosti sladu. Mezi škrobnaté surogáty patří například nesladovaný ječmen, pšenice, proso. Mezi neškrobnaté se řadí sacharóza, škroby, cukerné sirupy nebo sladinové koncentráty (Lišková, 2012).

Chemické složení ječmene, sladu

Hlavní zásobní látkou ječmene je škrob, který se v zrna vyskytuje v malých (1–5 μm) a velkých (25 – 30 μm) škrobových zrnech. Jde o makromolekulární látku, tvořenou polysacharidy amylózou (20–25 %) a amylopektinem (75–80 %). Základními jednotkami těchto polysacharidů jsou maltóza a izomaltóza (Basařová *et al.*, 2010).

Dále obsahuje dusíkaté látky, mezi které se řadí proteiny, polypeptidy, peptidy a aminokyseliny. Optimální obsah bílkovin v zrně by měl být 11 %. (Basařová *et al.*, 2010)

Mimo škrob a dusíkaté látky zrna obsahuje neškrobnaté polysacharidy (β -glukany, pentozany, celulóza), tuky, fosfáty a minerální látky. Procentuální zastoupení jednotlivých složek je popsáno v tabulce 1 (Kosař *et al.*, 2000).

Tabulka 1.1: Chemické složení obilky ječmene (Kosař *et al.*, 2000)

Sacharidy:	Obilka:
Škrob	60–65 %
Sacharóza	1–2 %
Rafinóza	0,3–0,5 %
Maltóza	0,1 %
Glukóza	0,1 %
Fruktóza	0,1 %
Neškrobnaté polysacharidy:	
β -glukany	3,3–4,9 %
Pentozany	9 %
Celulóza	4–7 %
Tuky:	3,5 %
Fosfáty (fytin):	0,9 %
Polyfenoly:	0,1–0,6 %
Dusíkaté látky:	9,5–11,9 %
Rozpustné d. l.	1,9 %
Albuminy a globuliny	3,5 %
Hordeiny (prolaminy)	3–4 %
Gluteliny	3–4 %
Minerální látky	2 %

Sladování ječmene

Sladování lze popsat jako řízené klíčení a sušení ječmene. Cílem procesu je syntéza a aktivace hydrolytických enzymů v zrně. Tyto enzymy pak během rmutovacích procesů štěpí škrob na jednodušší zkrasitelné sacharidy (maltóza, maltotrióza, glukóza,

sacharóza, fruktóza), ze kterých získáváme při fermentaci etanol, oxid uhličitý a další metabolity (Hariri *et al.*, 2001).

Hlavními procesy sladování jsou:

- máčení – dodání vegetační vody zrna;
- klíčení – aktivace enzymatického aparátu zrna, růst kořínku;
- hvozďení – zastavení vegetačních pochodů, snížení obsahu vody, tvorba aromatických a chuťových látek, dělí se na předsoušení a dosoušení (Basařová *et al.*, 2010).

Druhy sladů:

S rozšiřující se škálou druhů pív se stále rozšiřuje nabídka sladů jak tuzemských, tak z celého světa. Mezi základní druhy patří:

- plzeňské slady – základ pro piva plzeňského typu, barva kongresní sladiny 3–4,2 jednotek EBC (světlé);
- pale ale slady – základ pro piva typu ale, barva kongresní sladiny 4–6 jednotek EBC;
- vídeňské slady – přechodný typ mezi světlými a tmavými slady, 6–8 jednotek EBC;
- mnichovské slady – výroba polotmavých a tmavých pív; barva kongresní sladiny 11–17 jednotek EBC;
- karamelové slady – vysoký obsah aromatických a barevných látek, dle druhu barvy kongresní sladiny 6–120 jednotek EBC
- pražené slady (pražený ječmen) – výroba silně tmavých pív typu porter a stout (Basařová *et al.*, 2010).

1.1.2 Chmel a chmelové produkty

Chmel otáčivý (*Humulus lupulus* L.) z čeledi konopovitých (*Cannabaceae*) je lidstvu známý již od starověku. Jeho pravlastí jsou úrodné nížiny Kavkazu a oblasti kolem Černého moře. Odtud se chmel začal šířit do Evropy (Nesvadba *et al.*, 2013).

Pivo dodává charakteristickou hořkost a aroma. Napomáhá vysrážení vysokomolekulárních dusíkatých látek mladiny, má pozitivní vliv na pěnivost a obsahuje antioxidační a antimikrobiální látky, které pivo konzervují (Chládek, 2007).

Pro pivovarské účely se využívají samičí hlávky chmele otáčivého. Ty se využívají buď v celku v sušené formě, nebo ve formě chmelového granulátu. Nejčastěji jsou využívány 2 typy chmelových granulí, a to:

- granule typu 90 – zpracováním 100 kg chmele se získá 90 kg chmelových granulí;
- granule typu 45 – zpracováním 100 kg chmele získáme 45 kg chmelových granulí se standardizovaným obsahem α -hořkých kyselin (Kosař *et al.*, 2000).

Kromě hlávkového a granulovaného chmele je možnost využití chmelových extraktů. Chmelové extrakty mají dlouhou trvanlivost, standardizovaný obsah hořkých látek a jejich lepší využitelnost. Extrakce probíhá pomocí CO₂ nebo etanolu (Biendl, 1996; Kosař *et al.*, 2000).

Chemické složení chmele

Mezi hlavní složky (tabulka 1.2) se řadí chmelové pryskyřice (α -hořké kyseliny, β -hořké kyseliny), odpovědné za charakteristickou hořkost, chmelové silice, dodávající chmelové aroma a vůni a polyfenolové látky, které chrání pryskyřice proti oxidaci a podílejí se na tvorbě lomu při chmelovaru (Basařová *et al.*, 2010; Chládek, 2007; Kosař *et al.*, 2000).

Tabulka 1.2: Chemické složení chmele (Kosař *et al.*, 2000)

Složka	Obsah
voda	8–12 %
celkové pryskyřice	15–20 %
polyfenolové látky	2–6 %
silice	0,2–2,5 %
vosky a lipidy	1–3 %
dušikaté látky	12–15 %
sacharidické látky (celulóza)	40–50 %
minerální látky	6–8 %

Odrůdy chmele

Dle Basařové *et al.* (2010) se chmel nejčastěji rozděluje podle obsahu α -hořkých kyselin na jemné aromatické (3,5–4 %), aromatické (3,5–6,5 %), hořké (okolo 8 %) a vysoko-obsažné chmele (8–15 %). Dalším možným způsobem je dělení podle původu.

Tabulka 1.3: Rozdělení chmele dle původu a obsahu α -hořkých kyselin (Hop variety list, 2023)

Odrůda	Původ chmele	Obsah α -hořkých kyselin
ŽPČ	Česká republika	2,5–5,0 %
Sládek	Česká republika	4,5–7,5 %
Citra	USA	11,0–13,0 %
Cascade	USA	4,5–7,5 %
Galaxy	Austrálie	12,0–16,5 %
Hallertau Blanc	Německo	9,0–12,0 %
Jester	Velká Británie	7,0–9,5 %

1.1.3 Pivovarské kvasinky

Že je kvašení činností živých organismů potvrdil francouzský vědec a mikrobiolog Louise Pasteur v roce 1876, kdy zveřejnil svou Studii o pivu (Matoulková a Šavel, 2007). Role kvasnic při výrobě piva byla objasněna v druhé polovině 19. století německým vědcem T. Schwannem (Chládek, 2007).

Taxonomicky kvasnice řadíme do nadříše *Eukaryota*, říše *Fungi* (houby) a čeledi *Saccharomycetaceae*. Rozmnožování probíhá u těchto mikroorganismů vegetativně formou pučení. Pokud však prostředí nenabízí vhodné podmínky, rozmnožují se pohlavně (sporulací). Kvasnice přeměňují mono- a disacharidy, obsažené v roztoku, na etanol, oxid uhličitý, energii ve formě tepla a další metabolity (Kosař *et al.*, 2000).

Průběh fermentace a metabolismus kvasinek je ovlivněn složením mladiny, stavem kvasinek, vlastnostmi kvasinek a podmínkami výrobního procesu. Kromě sacharidů potřebují i další zdroje výživy, jako jsou aminokyseliny, peptidy, lipidy, vitaminy, ionty Mg^{2+} , Zn^{2+} , K^+ , Ca^{2+} , Na^+ , SO_4^{2-} aj. (Kosař *et al.*, 2000).

Rozdělujeme kvasinky spodního a svrchního kvašení. Kvasinky spodního kvašení (*Saccharomyces cerevisiae carlsbergensis*) se používají při výrobě piv typu

ležáků. Fermentace probíhá v rozmezí teplot 7–15 °C, v poslední fázi sedimentují na dno nádoby. Svrchní kvasinky (*Saccharomyces cerevisiae cerevisiae*) se používají pro výrobu pív typu ALE. Teplotní rozmezí je 18–22 °C, na konci kvašení jsou vynášeny na hladinu mladého piva (Basařová *et al.*, 2010).

1.1.4 Varní voda

Voda je lidstvu historicky nejdéle známou surovinou pro výrobu piva. V pivu je obsažena z více než 90 %. Na vodu je možné nahlížet jako na zředěný roztok anorganických solí (tabulka 1.4), ve kterém může být rozpuštěn i malý obsah plynů a organických látek (Priest a Stewart, 2006).

Hygienické limity mikrobiologických, biologických, fyzikálních, chemických a organoleptických ukazatelů jakosti pitné vody, rozsah a četnost kontroly dodržení jakosti pitné vody a požadavky na metody kontroly jakosti pitné vody stanovuje Vyhláška č. 252/2004 Sb.

Hlavním parametrem vody při výrobě piva je tzv. tvrdost vody. Tvrdost vody vyjadřuje koncentraci Ca^{2+} a Mg^{2+} iontů (Kinčl, 2022). Pro výrobu českých ležáků pilsenešského typu se doporučuje voda měkká (Basařová *et al.*, 2010).

Tabulka 1.4: Rozdělení vody dle tvrdosti (Kosař *et al.*, 2000)

Druh vody	Obsah iontů (mmol.l^{-1})
měkká voda	< 1,3
středně tvrdá voda	1,3–2,5
tvrdá voda	2,5–3,8
velmi tvrdá voda	> 3,8

1.2 Výroba mladiny a piva

Technologický proces výroby piva lze rozdělit na výrobu mladiny (horká část výroby) a výrobu piva, která obnáší primární a sekundární fermentaci (studená část výroby). Ve velkých průmyslových pivovarech (případně i větších minipivovarech) je do výroby zařazena i filtrace a pasterace, aby mělo pivo delší trvanlivost. Tyto technologické postupy zasahují do senzorického profilu výsledného produktu.

1.2.2 Výroba mladiny

Výroba mladiny obnáší procesy:

- šrotování sladu;
- vystírání;
- rmutování;
- scezování;
- chmelovar;
- whirlpool (vířivá kád').

Šrotování sladu

Cílem šrotování (mačkání) je zpřístupnění extraktivních látek sladu, zároveň je však nutné uchovat celistvost obalových pluch zrna. Mechanické rozrušení endospermu napomáhá rychlejší přeměně a rozpouštění všech extraktivních látek (Basařová *et al.*, 2010).

Šrotování docílíme pomocí šrotovníků, které se dělí na dvouválcové, čtyřválcové, či šestiválcové (mletí za sucha). Další variantou jsou šrotovníky pro mokré mletí nebo mletí s kondicionováním, pro získání lepší elasticity pluch zvlhčením (Kosař *et al.*, 2010).

Vystírání

Vystírání je smíchání tekuté a pevné části, tedy varní vody a namletého sladu. Tradiční způsob vystírání je při 36 °C s následnou zapárkou na 50 °C. Zapárkou se rozumí přidání horké vody o 80 °C, která v rychlém časovém intervalu ohřeje celé dílo. Tímto způsobem vystírání je podpořena činnost proteolytických a cytolytických enzymů (Basařová *et al.*, 2010).

Druhým, dnes častěji používaným způsobem je vystírka při 50–52 °C, pro tento postup je však nutné použít dostatečné rozluštění slady (Kosař *et al.*, 2000).

Rmutování

Během rmutování dochází k převedení (vylouhování) extraktivních látek sladového endospermu do roztoku. Nejdůležitější látkou, kterou je nutné převést do roztoku, je škrob. Štěpení vysokomolekulárních látek je katalyzováno sladovými enzymy při specifických teplotách. V případě škrobu jde o hydrolýzu β -amylázou při 62 °C a α -amylázou při 72 °C (Kosař *et al.*, 2000).

V tuzemsku se tradičně používá dekokční způsob rmutování. Ten spočívá v povařování části rmutů, čímž se docílí vyšší plnosti a výtěžnosti výsledného produktu.

Nevýhodou je energetická a časová náročnost postupu. Druhým způsobem je infuzní rmutování bez povařování rmutů. Výťažnost je nižší, postup je však časově a ekonomicky výhodnější. Infuzní způsob se využívá v zahraničí a na výrobu pív typu ALE (Enge *et al.*, 2005).

Scezování

Scezování je proces, při kterém je oddělena pevná nerozpustná část díla, tedy mláto, od sladiny. Scezování probíhá ve scezovací kádi přes perforované dno, na němž leží filtrační vrstva sladového mláta s pluchami. První scezený podíl se nazývá předeek, následně je nutné provést vyslazování pomocí tzv. výstřelků. Mláto se při tomto procesu pokrání vodou o teplotě 80 °C za účelem získání zbytkového extraktu (Olšovská *et al.*, 2017).

Chmelovar

Během chmelovaru dochází převážně k převedení hořkých látek do mladiny, dále k inaktivaci enzymů, vysrážení bílkovin s polyfenolovými látkami chmele (tríslobílkovinné komplexy), ke sterilizaci mladiny, snížení pH a k mírnému ztmavnutí barvy, způsobenému Maillardovými reakcemi (Chládek, 2007; Kosař *et al.*, 2000).

Varem dochází k izomeraci ve vodě nerozpustných α -hořkých kyselin na ve vodě částečně rozpustné iso- α -hořké kyseliny. V počáteční fázi chmelovaru se přidává chmel s vyšším obsahem α -hořkých kyselin, jelikož dlouhým varem do mladiny přejde pouze hořkost, na konci chmelovaru se přidávají chmele s vyšším obsahem aromatických silic, které pivu dodají chmelové aroma a vůni (Kinčl, 2022).

Důležitou roli při chmelovaru má odpar. Při chmelovaru dochází k tepelnému rozkladu S-methylmethionu na dimethylsulfid (DMS), který pivu při velmi nízkém obsahu dodává chuť po vařené zelenině. Pokud je odpar dostatečný (6 až 8 % objemu), DMS z mladiny vytěká (Kinčl, 2022; Svoboda *et al.*, 2017).

Whirlpool (vířivá kád')

Whirlpool je proces, při kterém se pomocí dostředivé síly oddělí vysrážený chmelový kal s bílkovinami ve formě sedimentu na dno vířivé kádě.

Chlazení a čerpání mladiny

Chlazení mladiny na zákvasnou teplotu probíhá nejčastěji pomocí deskového chladiče, během chlazení se mladina přečerpává pomocí čerpadla do kvasné nádoby (spilka, CKT). Mladinu je nutné provzdušňovat sterilním vzduchem. Zároveň je ke zchlazené mladině aplikována zákvasná dávka, u tekutých kvasnic se udává množství 0,5 l hustých kvasnic na 1 hl mladiny, v případě sušených kvasnic bývá dávka 50–120 g

na 1 hl mladiny, množství kvasnic se však může lišit podle dodavatele (Kosař *et al.*, 2000).

1.2.3 Výroba piva

Hlavní kvašení

Hlavní kvašení je anaerobní proces, který získává buňkám kvasnic energii oxidací sacharidů. Hlavními kvasnými metabolity jsou etanol a CO₂. Dle Ballingovy rovnice se z 2,0665 g extraktu získá 1 g etanolu a 0,9565 g CO₂. Tato rovnice neuvažuje přítomnost ostatních metabolitů (Basařová *et al.*, 2010).

Mladina je pro kvasnice velmi komplexní prostředí, obsahující jednoduché sacharidy, dextriny, aminokyseliny, peptidy, proteiny, vitamíny, ionty, nukleové kyseliny, vitamíny a nespočet dalších látek a sloučenin (Taylor a Francis, 2005).

V rámci hlavního kvašení je nezbytný dostatečný obsah zkvasitelných cukrů, a to převážně maltózy a matotriózy, dále pak sacharózy, glukózy a fruktózy. Dextriny, které jsou také obsaženy v extraktu, jsou většinou kmenů pivovarských kvasnic nezkvasitelné. Výjimkou je kmen *Saccharomyces diastaticus*, který dokáže zpracovat dextriny (Priest a Stewart, 2006; Kosař *et al.*, 2000). Tento kmen se v některých případech užívá cíleně, častěji jde však o obávaný kontaminant, který může způsobovat přepěňování piva během ležení nebo znehodnocení hotového piva (Štulíková *et al.*, 2021).

Kromě etanolu a CO₂ vzniká během hlavního kvašení nespočet dalších metabolitů, jako jsou:

- vyšší alkoholy – vznikají buď *de novo* z anabolické přeměny sacharidů nebo jako meziprodukty metabolismu aminokyselin (isoamylalkohol, isobutanol);
- estery – v pivu se může nacházet více než 100 esterů, jde o meziprodukty přeměny sacharidů, jsou původcem ovocných chutí (ethylacetát, isoamylacetát, isobutylacetát);
- sirné sloučeniny – mají negativní vliv na senzorický profil piva (dimethylsulfid, oxid siřičitý);
- karbonylové sloučeniny (aldehydy a ketony) – více než 200 látek, některé mohou negativně ovlivnit senzorický profil piva, při správném průběhu kvašení jsou však kvasinkami odbourány (diacetyl, pentan-2,3-dion, acetaldehyd) (Briggs *et al.*, 2004).

Některé z těchto látek jsou pro senzorický profil piva nezbytné, některé však ve větších koncentracích působí jako pivní vady.

V případě výroby spodně kvašených piv je teplota kvašení 7–14 °C a fermentace trvá 5– dní, v závislosti na extraktu původní mladiny. U svrchně kvašených piv je teplota kvašení 18–24 °C a doba fermentace přibližně 5 dní. O konci hlavního kvašení rozhoduje množství zbytkového extraktu (Basařová *et al.*, 2010).

Sekundární kvašení (ležení, dokvašování)

Sekundární kvašení probíhá v hermeticky uzavřených ležáckých tancích (cylindrokonické nebo CKT). V průběhu tohoto procesu dochází k přirozenému sycení mladého piva CO₂ ze zbytkového extraktu. Fixace oxidu uhličitého je závislá na teplotě a na hradicím tlaku. Čím nižší je teplota a vyšší tlak, tím více dochází k sycení a fixaci CO₂ (Basařová *et al.*, 2010).

Během ležení se mladé pivo začne postupně čířit a postupem času nastává organoleptická zralost piva. Dochází ke změnám obsahu rozpuštěných a těkavých látek, z piva se vytrácí kvasničná chuť (Basařová *et al.*, 2010).

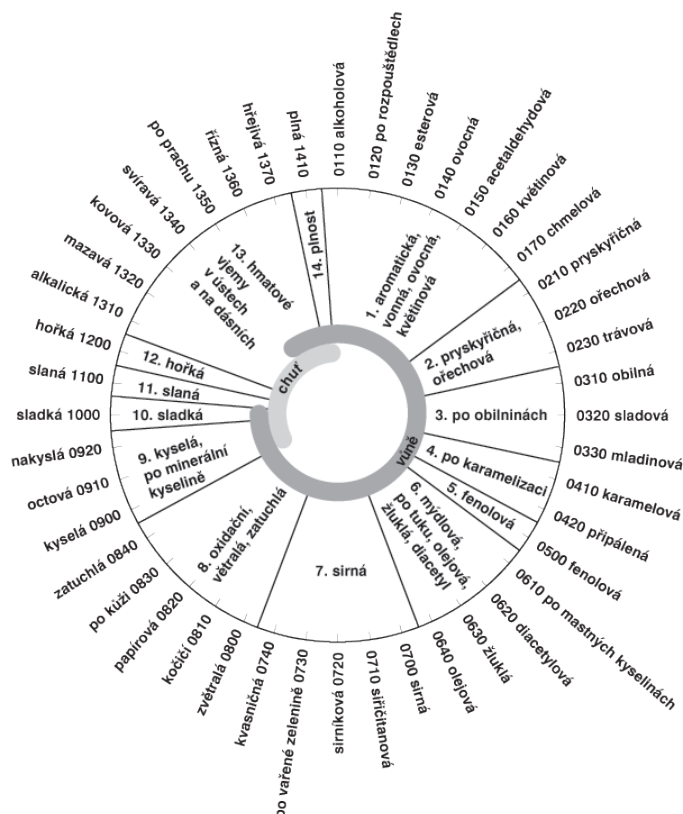
Doba sekundárního kvašení se odvíjí od druhu vyráběného piva, obecně lze u spodně kvašených piv tvrdit, že čím vyšší je extrakt původní mladiny, tím déle by pivo mělo zráet. Naopak svrchně kvašená piva s přísávkou chmele za studena zrají kratší dobu, aby nedošlo k oxidaci či vytěkání chmelového aroma (Novotný *et al.*, 2017).

V případě velkých pivovarů probíhá po zrání ještě filtrace a pasterace, v případě minipivovarů se pivo po zrání stáčí do kegů či lahví a je připraveno k prodeji.

1.4 Vady piva

Kruhové schéma European Brewery Convention (EBC)

Pro shodu mezi odborníky při senzorické analýze piva byl v druhé polovině vyvinut kruhový systém EBC (obrázek 1.1), který byl poprvé zveřejněn roku 1979. Tento systém napomáhá charakterizovat veškeré nacházející se chutě a vůně v pivu. Schéma je rozděleno do 14 tříd základních senzorických vjemů, ty jsou dále podrobněji popsány a specifikovány (Olšovská *et al.*, 2017).



Obrázek 1.1: Kruhové schéma EBC (Čejka, 2006)

1.4.1 Diacetyl

Diacetyl (butan-2,3-dion, v některé literatuře též jako biacetyl) se řadí mezi vicinální diketony, vznikající v průběhu hlavního kvašení. Práh vnímání je 0,15 mg.l⁻¹ (Olšovská *et al.*, 2017) a patří mezi nepřipustné vady ve většině pivních stylů (Strong, 2021).

Kromě piva se vyskytuje v mnoha dalších fermentovaných produktech. V pivu způsobuje nežádoucí máselnou, syrovátkovou až žluklou pachut' a vůni. Řadí se mezi nejčastější pivní vady (Gibson *et al.*, 2018).

Jeho přítomnost může mít dvě příčiny. První z nich je nevhodné vedení procesu hlavního kvašení a dokvašování. Diacetyl přirozeně vzniká během hlavního kvašení

z prekursoru α -acetolaktátu oxidativní dekarboxylací. Pokud je hlavní kvašení vedeno správně, diacetyl je během kvašení a zrání enzymaticky redukován na acetoin, jelikož je pro kvasinky toxický (Gibson *et al.*, 2018).

Druhou příčinou přítomnosti diacetylu může být mikrobiologická kontaminace laktobacily nebo pediokoky. Ty se mohou v pivu objevit při nedostatečné sanitaci kvasných tanků, sudů, či potrubí. Příčina výskytu diacetylu v pivu je zjištělná plynovou chromatografií (Olšovská *et al.*, 2017).

Dle Novotného *et al.* (2017) napomáhají vyšší teploty rychlejšímu odbourávání diacetylu, proto bývá častějším problémem u spodně kvašených piv. Aby došlo ke spolehlivému odbourání diacetylu, teplota na konci kvašení by se měla snížit na 3–7 °C nebo naopak zvýšit na 20 °C. Odbourávání diacetylu trvá 1–5 dní (Kosař *et al.*, 2000).

1.4.2 DMS – dimethylsulfid

Dimethylsulfid se řadí mezi sirné sloučeniny, práh vnímání se v literatuře uvádí okolo 30 $\mu\text{g.l}^{-1}$ (Bamforth, 2018). Většinou se uvádí chuť a vůně po vařené zelenině, např. po kapustě, zelí, kukuřici (Svoboda, 2017) a patří mezi nepřípustné vady ve většině pивních stylů (Strong, 2021).

DMS se v pivu vyskytuje po tepelném rozkladu jeho prekursoru S-methylmethioninu, který vzniká uvnitř embrya ječmene během klíčení. Nejvíce se tak děje během povařování rmutů a při chmelovaru, nedochází-li k dostatečně bouřlivému varu a odparu (Bamforth, 2018).

Další z příčin může být enzymatická redukce dimethylsulfoxidu během hlavního kvašení. S-methylmethionin může být tepelně degradován na DMS již během hvozďení. Částečně pak dochází k oxidaci na dimethylsulfoxid (Kosař *et al.*, 2000).

Dle Olšovské *et al.* (2017) mohou DMS produkovat tzv. „mladinové bakterie“, které kontaminují mladinu při začátku kvašení před poklesem pH po nedokonalé sanitaci. Příkladem je bakterie *Obesumbacterium proteus*.

1.4.3 Autolyzační

Autolýza je přirozený jev na konci životního cyklu kvasnic. V překladu jde o „sebe-rozpad“ kvasnic. V závislosti na rozsahu může mít autolýza pozitivní i negativní vliv na organoleptické vlastnosti piva. Zároveň bylo zjištěno, že polysacharidy uvolněné z buněčných stěn kvasnic mohou mít spoustu zdravotních benefitů a doporučují se používat ve funkčních potravinách (Wang *et al.*, 2018).

Negativní vliv je pozorován od rozpadu 5 % kvasnic, v tomto případě mají autolyzovaná piva větší obsah aminokyselin, peptidů, vitamínů, nukleových kyselin a enzymů. Autolyzační vůně a chuť je způsobena látkami jako jsou např. methanthiol, dimethylsulfid, diethylsulfid, amylmerkaptan apod. (Olšovská *et al.*, 2017).

1.4.4 Sirovodík

Sirovodík (H_2S) je toxický plyn, který je přirozeným metabolitem kvasnic, jeho prekurzory jsou methionin a cystein. Je cítit po zkažených vejcích, v hotovém pivu by se neměl vyskytovat v žádné koncentraci, jelikož při fermentaci vytěká s ostatními kvasnými plyny. Výskyt může nastat při nedostatečném odstranění mladinových kalů nebo při nedostatečném provzdušnění mladiny (Olšovská *et al.*, 2017).

1.4.5 Oxidační

Oxidační chuť a vůně nastává při kontaktu kyslíku s pivem ve všech fázích výroby. Kyslík je žádaný pouze při provzdušňování mladiny. Vyznačuje se chutí a vůní po vlhkém kartonu, papíru, po lepence. (Novotný *et al.*, 2017)

Oxidace je přímo spjata se stárnutím piva v průběhu času. Průmyslové pivovary dbají na to, aby kontakt piva se vzduchem byl minimální, spíše nulový. Suchý a kolektiv konstatovali, že je nutné sledovat i bariérové vlastnosti obalového materiálu. Při použití PET lahve byla zjištěna propustnost kyslíku 0,05–0,70 cm^3 denně. Skleněné lahve se jeví jako lepší materiál s menší propustností. PET lahve jsou častěji využívány v minipivovarech, zároveň se používají manuální nebo poloautomatické stáčecí systémy, při kterých je kontakt se vzduchem nevyhnutelný (Suchý *et al.*, 2013).

1.4.6 Alkoholová

Alkoholovou chuť v pivu způsobují převážně vyšší alkoholy, jako jsou isoamylalkohol, fenyletanol, propanol, butanol, isobutanol a jiné (Basařová *et al.*, 2010).

Vyšší alkoholy jsou přirozenými produkty hlavního kvašení, v pivu se standardně nachází v množství přibližně 45–50 ppm, což je zároveň jejich prahová hodnota. Jejich koncentrace se zvyšuje u spodně kvašených piv při teplotách kvašení okolo 16 °C (Landaud *et al.*, 2001).

Alkoholová chuť se v pivu může vyskytnout při použití vyššího množství cukru, jako surogátu nebo po příliš intenzivním rmutování (Novotný *et al.*, 2017), závisí také na použitém kmenu kvasinek (Basařová *et al.*, 2010). Dle BJCP nejsou vyšší alkoholy žádoucí v žádném z popsaných stylů piv (Strong, 2021).

1.4.7 Po rozpouštědlech

Popisuje se též jako acetonová, lak na nehty apod. Nejčastěji je způsobena vyšším obsahem ethylacetátu (Olšovská *et al.*, 2017).

Ethylacetát patří mezi estery, které přirozeně vznikají při hlavním kvašení. Při nižších koncentracích dodává ovocné aroma. Jeho obsah se zvyšuje se zvýšením teplot kvašení (Kucharczyk a Tadeusz, 2020), po kontaminaci divokými kvasinkami nebo při vyšším obsahu kyslíku při zrání piva (Strong, 2021).

1.4.8 Ovocná, květinová

Ovocné chutě a vůně jsou způsobovány přítomností esterů a mohou být žádoucí u svrchně kvašených piv typu IPA, APA apod. V případě spodně kvašených piv jsou nežádoucí a hodnotí se jako vady (Strong, 2021).

Příklady těchto vad:

- ethylacetát – ovocné aroma, vznik při vyšší teplotě kvašení, práh vnímání 4–5 mg.l⁻¹;
- isoamylacetát – banánové aroma, vznik při vyšší teplotě kvašení, práh vnímání 1 mg.l⁻¹;
- 2-fenyl acetát – med a růže, vznik ve vysoce koncentrované, málo provzdušněné mladině;
- ethylhexanoát – červené jablko, anýz, vzniká při vyšším obsahu mastných kyselin v mladině;
- ethylbutyrát – tropické ovoce, vzniká při vyšším obsahu mastných kyselin v mladině (Olšovská *et al.*, 2017).

1.4.9 Acetaldehydová

Acetaldehyd je meziproduct glykolýzy, jeho redukcí vzniká etanol. Dle BJCP je nežádoucí ve většině druhů piv (Strong, 2021). Vzniká oxidací alkoholu a tzv. Steckeroovou degradací aminokyselin (pouze při vyšším obsahu aminokyselin v mladině) (Olšovská *et al.*, 2016).

Při koncentracích nad 3–4 mg.l⁻¹ začíná tvořit travnatou a jablečnou pachut' (Kucharczyk a Tadeusz, 2016). Dle Olšovské *et al.* (2016) je jeho prahová hodnota zhruba 10 mg.l⁻¹, při zkráceném dokvašování může být jeho hladina 20 mg.l⁻¹ a více.

Jeho vyšší koncentrace může být dále způsobena nedostatečným množstvím kvasnic v zákvasné dávce, špatným stavem kvasnic, nedostatečným provzdušněním mladiny před zakvašením nebo kontaminací (Kucharczyk a Tadeusz, 2016).

1.4.10 Chlorfenol, medicínální

Chlorfenolové a fenolové vady jsou nejčastěji způsobeny nedostatečným proplachem zařízení po sanitaci sanitačními prostředky s obsahem chloru a jodu, další variantou je použití přechlorované vody. Práh vnímání je v rozmezí 0,05–0,55 mg.l⁻¹.

Medicínální vůně může být způsobena kontaminací kvasinkou rodu *Brettanomyces*, která se množí při vyšších hodnotách pH a zvýšeném obsahu kyslíku. Prahová hodnota je 320 µg.l⁻¹ (Pivní vady, 2020).

1.4.11 Indol

Indol je produktem koliformních bakterií, převážně bakterie *Escherichia coli*. V pivu se často vyskytuje ve spojení s DMS, je známkou závažné kontaminace výrobních technologií. Prahová hodnota indolu je 13 µl.l⁻¹ (Pivní vady, 2020). V pivu se vyskytuje v nízkých koncentracích po tepelném rozkladu tryptofanu. Zajímavostí je, že polovina populace přítomnost indolu nevnímá. Charakteristické je fekální aroma, aroma po vepři, či po statku (Olšovská *et al.*, 2017).

1.4.12 Kovová

Zdrojem kovové, nebo též železné chuti v pivu může varní voda s vyšším obsahem železnatých iontů, dále pak špatně skladovaný slad, ve kterém došlo k hydrolýze obilných lipidů a následnému oxidačnímu štěpení nenasycených mastných kyselin na nenasycené ketony, jako jsou 1-okten-3-on a 1,5-oktadien-2-on (Olšovská *et al.*, 2017).

Dalším zdrojem mohou být železné a hliníkovými komponenty, které přijdou do kontaktu s várkou. V případě nerezových nádob nehrozí riziko této vady (Beer Off Flavor & Sensory Training Kits, 2017).

1.4.13 Adstringentí, trpká, svíravá

Adstringentní, trpká, či svíravá chuť je definována stahujícím a suchým pocitem v ústech. Často bývá způsobena fenolickými sloučeninami, jako jsou kyselina ferulová a kyselina p-kumarová (Habschied *et al.*, 2021).

Trpká chuť je částečně spojena s vyšší hořkostí piva, čím vyšší je obsah polyfenolů z chmele, tím vyšší je trpkost. Negativní vliv má i oxidace chmele. Při nadměrném rozemletí sladu může dojít k vylouhování polyfenolů z pluch ječmene (Olšovská *et al.*, 2017).

1.4.14 Tchořovitá (skunk)

Tchořovitá chuť a vůně je jedna z mnoha vad, které se v pivu objevují po nadměrném vystavení světlu. Je způsobena rozkladem iso- α -kyselin na 3-methylbut-2-en-1-thiol. Práh vnímání je okolo 4 ng.l⁻¹ (Habschied *et al.*, 2021).

Předcházet této vadě lze použitím plechovek a hnědých lahví, jakožto obalových materiálů. Taktéž je nutné skladovat pivo mimo dosah světla (Olšovská *et al.*, 2017).

2 Cíl práce

Cílem práce je senzoricky posoudit vybrané druhy piv z minipivovarů, detekovat vzniklé vady, popsat důvody jejich vzniku v průběhu technologické výroby a zrání. Získané výsledky posoudit a statisticky vyhodnotit.

3 Materiál a metodika

3.1 Senzorická analýza piva s přidavkem pivních vad

3.1.1 Materiál – pivo

Materiálem pro první sensorické hodnocení byl referenční vzorek piva Čtyrák 10°, uvařený ve Výzkumném a výukovém pivovaru Fakulty zemědělské a technologické na Jihočeské univerzitě v Českých Budějovicích (FZT JU). V rámci analýzy byl porovnáván se dvěma vzorky téhož piva, do kterých byly přidány vzorky vad „Diacetyl“ a „dimethylsulfid“ ze sensorické sady SNIFAIR (Snifair, Česká republika).

Vzorek č. 536 – Diacetyl

Referenční vzorek Čtyrák 10° s přidavkem koncentrovaného roztoku diacetylu (2,3-butandion). Dávkování bylo provedeno dle doporučení z uživatelského návodu 1 kapka do 0,05 l piva.

Vzorek č. 833 – Dimethylsulfid (DMS)

Referenční vzorek Čtyrák 10°s přidavkem koncentrovaného roztoku dimethylsulfidu, dávkována 1 kapka do 0,05 l piva.

3.1.2 Metodika – sensorické hodnocení

Sensorické hodnocení bylo zaměřeno na porovnání vzorků tří vzorků piv, z nichž jeden byl sensoricky „čistý“, další 2 vzorky obsahovali pivní vady diacetyl a dimethylsulfid. Hodnocení probíhalo v uzavřené výukové místnosti na katedře potravinářských biotechnologií a kvality zemědělských produktů FZT JU. Skupina hodnotitelů (tabulka 3.1) se skládala ze studentů a zaměstnanců FZT JU ve věku od 21 do 51 let (12 žen a 4 muži). Na pohlaví nebyl v rámci statistického vyhodnocení brán zřetel. Cíleně byli vybráni hodnotitelé s menšími zkušenostmi v oboru sensorické analýzy piva, jelikož účel porovnání vzorků měl ukázat, zdali i laici rozpoznají vady v pivu, případně do jaké míry. Dalším cílem bylo zjistit, která ze dvou vad je pro referenty méně přijatelná.

Jednotlivá vyhodnocení respondentů byla zapsána do předem vytištěných degustačních protokolů. Výsledky sensorického hodnocení piv byly statisticky vyhodnoceny pomocí programu Statistica 12. Pro zjištění odlišnosti mezi hodnotami u tří druhů hodnocených piv v rámci jednotlivých parametrů byla použita jednovýběrová analýza variance (ANOVA). Porovnání získaných hodnot mezi variantami piv v rámci jednotlivých parametrů bylo provedeno pomocí Tukeyho testu.

Tabulka 3.1: Věk jednotlivých respondentů

Věk	Počet
21	2
22	1
23	3
24	4
25	2
26	1
27	1
50	1
51	1

Statistické hodnocení bylo prováděno při 5% hladině významnosti ($p < 0,05$). Jednotlivé znaky pív byly mezi sebou porovnány pomocí paprskového grafu. Dalším krokem analýzy bylo vyplnění dotazníku.

Degustační protokol

Vyhodnocování protokol byl rozdělen do 3 hlavních kategorií a 11 podkategorií (deskriptorů). V protokolu byla zvolena kombinace hédonického a intenzitního hodnocení. Ke každému z deskriptorů byla vytvořena úsečka (10 cm). Hédonicky hodnocené deskriptory (celková příjemnost vůně, celkový dojem chuti) byly vyhodnoceny stupnicí od 0 (velmi špatné) do 10 (vynikající). Intenzitní hodnocení bylo aplikováno u řízu, plnosti, vůně, chmelové vůně, cizí vůně, chuti, hořkosti, sladké chuti a cizí chuti. Plnost a říz byly hodnoceny od 0 (velmi slabé) do 10 (velmi silné), zbytek deskriptorů byl hodnocen od 0 (neznatelné) do 10 (velmi silné). U některých znaků respondent zaznamenával výsledky pouze tehdy, pokud daný vjem rozpoznal (chmelová vůně a chuť, sladká chuť a cizí chuť). Pokud vjem nebyl rozpoznán, byla mu přidělena nulová hodnota (neznatelné). Každý ze znaků byl vyhodnocen stupnicovou metodou. Poslední část degustačního protokolu představovala vyhodnocení vzorků od nejlepší po nejhorší (1–3) dle preference respondentů.

Dotazník

Dotazník se skládal ze 4 otázek, na 2 z nich bylo možné odpovědět otevřeně. Otázky se týkaly konzumace piva a znalostí v oblasti pivních vad.

Kategorie a deskriptory

U vybraných vzorků byly hodnoceny tyto parametry:

1. Pocit v ústech:

a. říz

- b. plnost
- 2. Vůně:
 - a. celková příjemnost vůně
 - b. intenzita vůně
 - c. chmelová vůně (ano/ne, intenzita)
 - d. cizí vůně (ano/ne, intenzita, případně slovní specifikace)
- 3. Chuť:
 - a. celkový dojem
 - b. intenzita chuti
 - c. intenzita hořkosti
 - d. sladká chuť (ano/ne, intenzita)
 - e. cizí chuť (ano/ne, intenzita)

Pocit v ústech

Pocit v ústech je specifikován jako vjem, který souvisí s fyzikálními a chemickými vlastnostmi podnětu. Mezi fyzikální vlastnosti podnětu se řadí např. viskozita, hustota, texturní vlastnosti, mezi chemické pak chladivost, trpkost apod. (Ježek a Saláková, 2012). Lze popsat i jako hmatový pocit uvnitř úst. U piva do této kategorie spadá říz a plnost (Olšovská *et al.*, 2017).

Říz je způsobem obsahem rozpuštěného oxidu uhličitého v pivu. V ústech působí na mechanoreceptory a receptory bolesti, které reagují na přeměnu oxidu uhličitého na kyselinu mléčnou (Olšovská *et al.*, 2017). V degustačním protokolu byl hodnocen na stupnici od velmi slabého po velmi silný.

Plnost piva se často popisuje jako „chlebnatost“ a obecně lze říci, že piva s vyšším obsahem extraktu původní mladiny a piva méně prokvašená, s větším obsahem zbytkového extraktu, bývají hodnoceny jako plné, naopak slabší piva (výčepní) jsou hodnocena nižší plností (Olšovská *et al.*, 2017). V degustačním protokolu byla hodnocena na stupnici od velmi slabé po velmi silnou.

Vůně

Vůně je vjem vnímaný nosem (čichovým orgánem) po vdechnutí plynné složky vzorku. Na příjemnost a intenzitu vůně piva mají vliv vyšší alkoholy, estery a další těkavé látky, obsažené v pivu.

Chuť

Chuť je jeden ze základních lidských smyslů, který dovoluje vnímat látky rozpuštěné ve slinách pomocí chuťových pohárků, rozlišujeme sladkou, slanou, kyselou a hořkou chuť, poslední z chutí se nazývá umami (Olšovská *et al.*, 2017).

3.2 Senzorické vyhodnocení vzorků z minipivovarů

3.2.1 Materiál – pivo

Materiálem pro druhou část sensorické analýzy byly 4 anonymní vzorky spodně kvašených piv z českých minipivovarů:

- vzorek č. 123 – 11° světlý ležák (jihočeský minipivovar);
- vzorek č. 324 – 12° polotmavý ležák (středočeský minipivovar);
- vzorek č. 645 – 12° světlý ležák (jihočeský minipivovar);
- vzorek č. 836 – 12° světlý ležák (jihočeský minipivovar).

3.2.2 Metodika – sensorické hodnocení

Senzorická analýza byla rozdělena do dvou částí, v první části každý z referentů porovnával sensorické deskriptory 4 anonymních vzorků z minipivovarů stejným způsobem, jako v případě prvního sensorického hodnocení. Vyhodnocení bylo zapsáno do degustačního protokolu stupnicovou metodou. Druhá část probíhala po vlastním vyhodnocení formou diskuze všech degustátorů. U každého vzorku zvlášť se vyhodnotilo, zdali je tzv. sensoricky „čistý“, tedy bez vad, nebo jestli se ve vzorku nachází vady, případně jaké a do jaké míry. Výsledné vyhodnocení vzorků bylo zapsáno do protokolu. degustační protokol, včetně kategorií a deskriptorů, byl totožný s protokolem v předešlém sensorickém hodnocení. Degustační komise byla složena z 5 odborníků z pivovarské a degustační praxe, z nichž všichni byli muži ve věku od 25 do 32 let (tabulka 3.2).

Tabulka 3.2: Věk jednotlivých respondentů

Věk	Četnost
25	3
26	1
32	1

4 Výsledky a diskuze

4.1 Senzorická analýza piva s přidavkem pivních vad

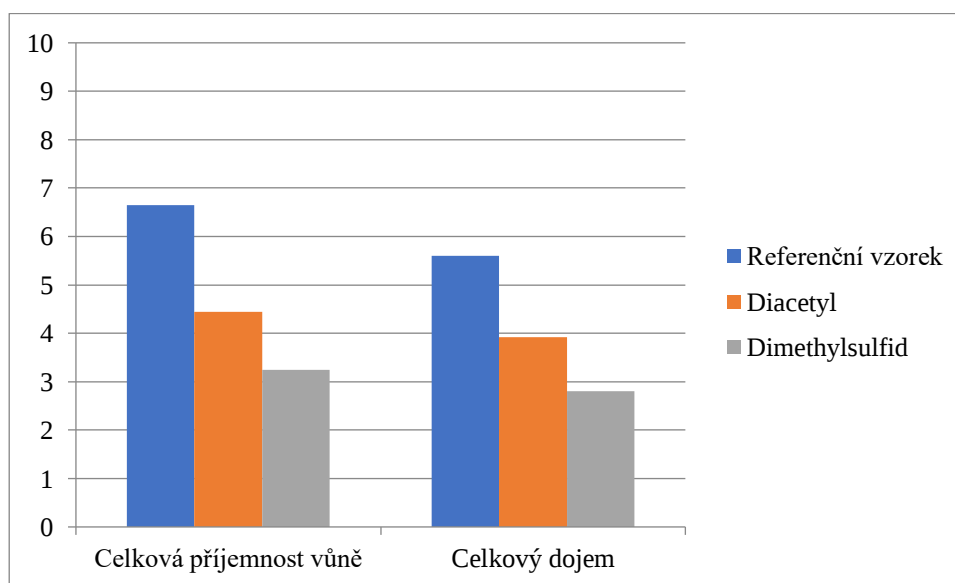
4.1.1 Vyhodnocení senzorické analýzy

Pomocí jednovýběrové analýzy variace (ANOVA) bylo zjištěno, že statisticky významné bylo hodnocení celkové příjemnosti vůně, intenzity cizí vůně, celkového dojmu chuti a intenzity cizí chuti, jelikož pro tyto hodnoty platí, že $p < 0,05$ (tabulka 4.1).

Tabulka 4.1: Rozkladová tabulka popisných statistik vzorků piva

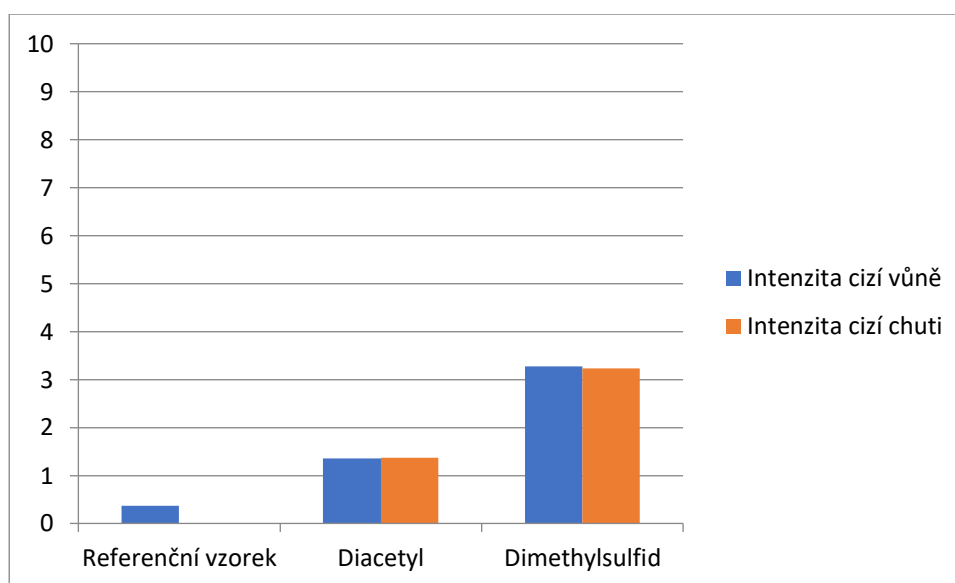
N=16	Referenční vzorek		Diacetyl		Dimethylsulfid		p
	x	± sx	x	± sx	x	± sx	
Říz	5,35	1,34	5,05	1,77	4,43	2,22	0,3523
Plnost	5,13	1,85	4,76	2,16	4,21	2,56	0,5014
Celková příjemnost vůně	6,64	1,74	4,44	2,08	3,25	2,57	0,0002
Intenzita vůně	5,31	1,75	5,06	1,87	5,01	1,85	0,8852
Intenzita chmelové vůně	2,40	2,46	2,79	2,47	1,84	2,89	0,5862
Intenzita cizí vůně	0,36	1,25	1,35	2,37	3,28	3,58	0,0088
Celkový dojem chuti	5,60	2,18	3,93	2,17	2,81	2,58	0,0053
Intenzita chuti	5,61	1,67	6,03	1,54	5,44	2,41	0,6722
Intenzita hořkosti	4,86	1,73	5,24	2,00	4,95	2,82	0,8814
Intenzita sladké chuti	0,69	1,29	1,51	2,42	1,55	2,23	0,4091
Intenzita cizí chuti	0,00	0,00	1,36	2,64	3,23	3,89	0,0063

Graf 4.1: Porovnání statisticky významných deskriptorů příjemnosti chuti a celkového dojmu



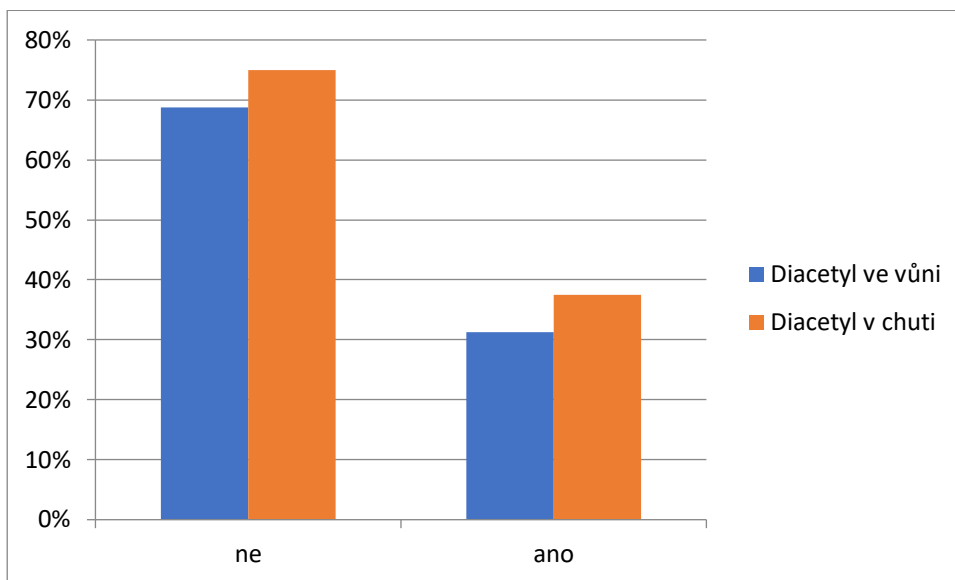
Ze skupinového grafu 4.1 je zřetelné, že sensoricky nejpříjemnějším vzorkem byl referenční vzorek Čtyrák 10° bez přídavku vad. Celková příjemnost vůně referenčního vzorku byla vyhodnocena jako velmi dobrá, celkový dojem byl vyhodnocen na hranici mezi dobrý a velmi dobrý. Tyto hodnoty vypovídají o velmi dobré kvalitě referenčního vzorku Čtyrák 10°. Nejhorší dopad na celkovou příjemnost vůně a celkový dojem chuti měl vzorek s přídavkem dimethylsulfidu, u kterého byly obě hodnoty vyhodnoceny jako uspokojivé. Tento jev lze potvrdit výrokem Briggse *et al.* (2004), kteří tvrdí, že dimethylsulfid je při vyšších koncentracích snadno detekovatelný. Celková příjemnost vůně vzorku s diacetylem byla vyhodnocena jako dobrá, celkový dojem jako uspokojivý. Dle Priesta a Taylora (2006) může nižší obsah diacetylu (a dalších vicinálních diketonů) pozitivně ovlivnit sensorické vlastnosti piva, referenční vzorek byl však hodnocen lépe, je tedy prokazatelné, že přídavek diacetylu měl negativní dopad celkový dojem a příjemnost vůně.

Graf 4.2: Porovnání statisticky významných deskriptorů intenzity pивních vad



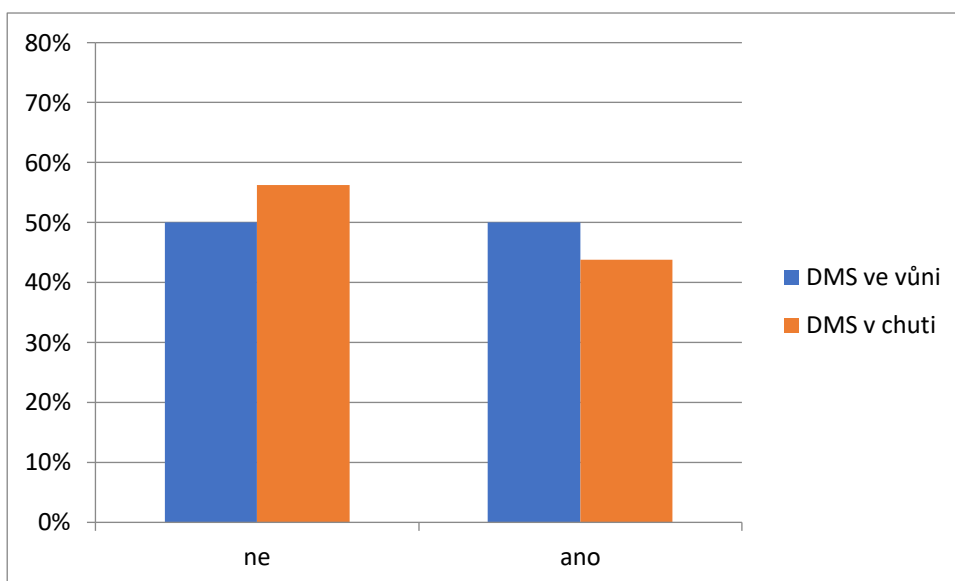
V grafu 4.2 je možné pozorovat, že na rozdíl od diacetylu byl pro skupinu degustátorů dimethylsulfid znatelnější jako cizí chuť i vůně. Intenzita obou parametrů však byla vyhodnocena jako slabá. Intenzitu cizí vůně u referenčního vzorku popsal pouze jeden z respondentů, a to na velmi slabé úrovni. Cizí chuť v referenčním vzorku nebyla detekována, vzorek tedy lze považovat za čistý. V grafech 4.4 a 4.5 je procentuálně vyjádřeno, kolik respondentů rozpoznalo a nerozpoznalo diacetyl a dimethylsulfid ve vůni a chuti.

Graf 4.4: Procentuální vyjádření četnosti rozpoznání diacetylu ve vůni a chuti v pivu



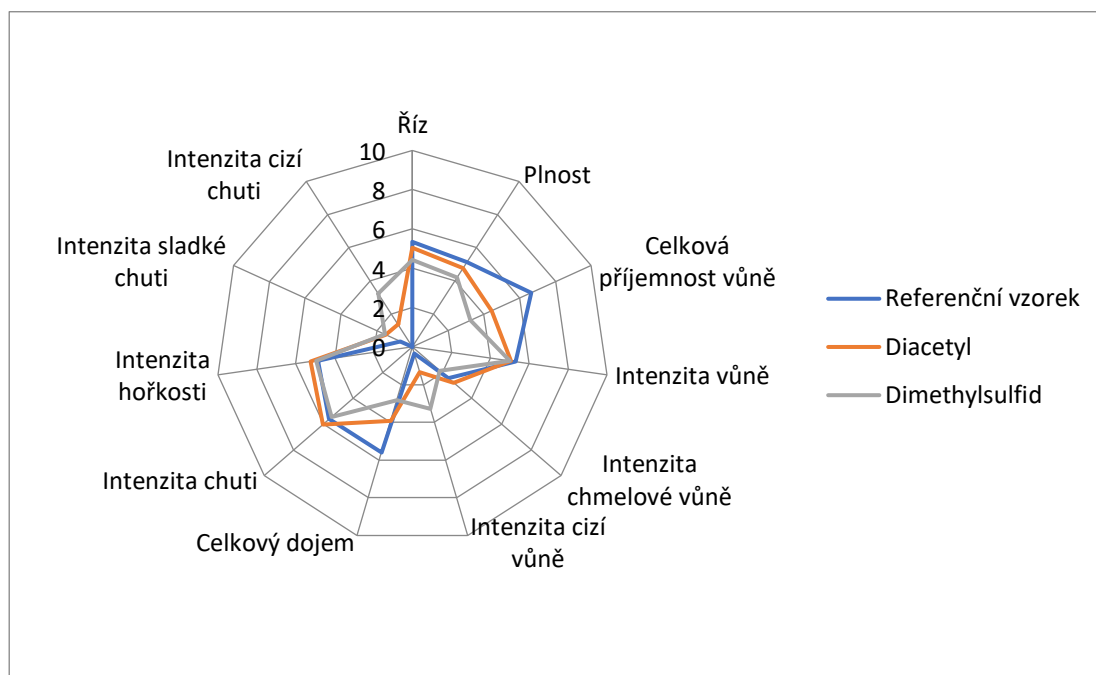
Cizí vůni diacetylu zpozorovalo 31 % respondentů, v chuti 38 % respondentů.

Graf 4.5: Procentuální vyjádření četnosti rozpoznání dimethylsulfidu ve vůni a chuti v pivu



Cizí vůni dimethylsulfidu rozpoznalo 50 % respondentů, ve v chuti 44 % respondentů.

Graf 4.6: Porovnání jednotlivých deskriptorů mezi všemi vzorky



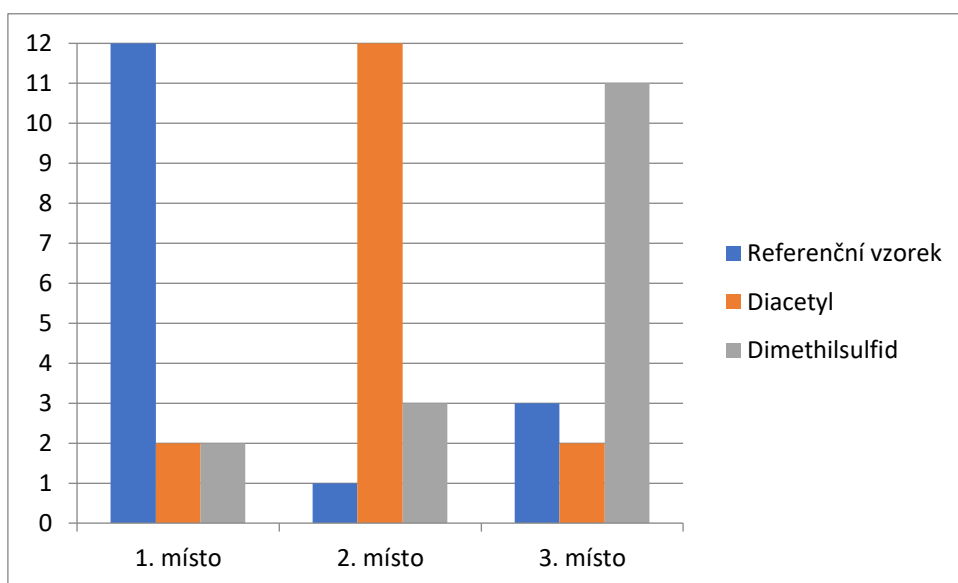
Jak je patrné z grafu 4.6, nejnižší říz měl vzorek s přidáním dimethylsulfidu, nejvyšší naopak referenční vzorek. Říz by přidáním pivních vad neměl být ovlivněn, snížit se tedy mohl kvůli prodlevám při přípravě vzorků. Plnost by dle Kosaře *et al.* (2000) měla u českých druhů piv být střední až silná. U všech vzorků byla vyhodnocena střední plnost, v pořadí referenční vzorek, diacetyl, dimethylsulfid byla pozorována klesající tendence hodnot. Intenzita vůně by dle Kosaře *et al.* (2000) měla být u českých druhů piv slabá až střední, měla by být sladěna v harmonický celek. U všech vzorků byla vyhodnocena jako střední, opět se sestupnou tendencí v pořadí referenční vzorek, diacetyl, dimethylsulfid. Intenzita chmelové vůně u referenčního vzorku a vzorku s diacylem byla vyhodnocena jako slabá, u dimethylsulfidu jako neznatelná. Přídavek diacetylu by neměl mít vliv na zvýšení chmelového aroma a vůně. Nejvyšší intenzitu chuti měl vzorek s diacylem, tím se potvrzuje tvrzení Basarové *et al.* (2010), že obsah diacetylu může mít vliv na intenzitu celkové chuti. Intenzita hořkosti byla u všech vzorků vyhodnocena na střední úrovni. U referenčního vzorku byla sladká chuť komisí vyhodnocena jako neznatelná. U českých piv by se sladká chuť neměla vyskytovat (Olšovská *et al.*, 2017), často bývá zaměňována se sladovou chutí. U vzorků s přídavkem vad byla sladká chuť vyhodnocena na horní hranici neznatelné. Diacetyl je dle Ochandoa *et al.* (2018) charakterizován máselnou a karamelkovou chutí, proto vzorek působil sladším dojmem než reference. Jednou

z charakteristik dimethylsulfidu je chuť a vůně po rajčatech (Olšovská *et al.*, 2017), proto i tento vzorek působil jako sladší.

4.1.2 Vyhodnocení vzorků dle preference respondentů

Výsledky pořadového vyhodnocení (graf 4.7) poukazují na to, že přidavek vad byl degustační komisí rozpoznán. Nejlepším vzorkem byl referenční vzorek Čtyrák 10°, na druhém místě byl vzorek s diacetylem, na posledním vzorek s dimethylsulfidem.

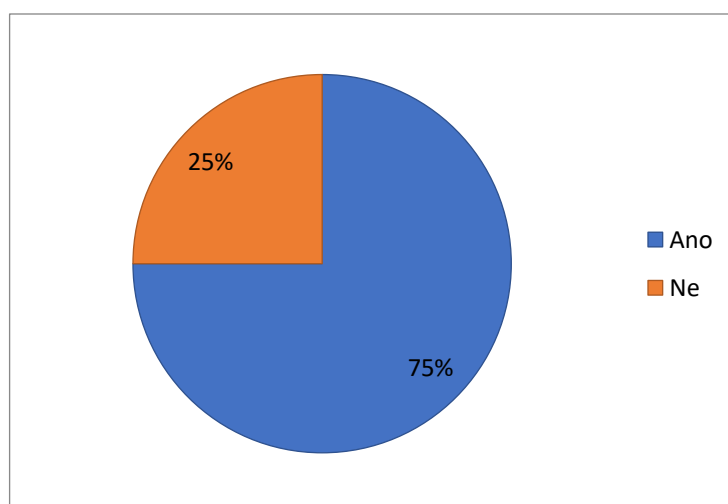
Graf 4.7: Vyhodnocení pořadí vzorků pív dle preference respondentů



4.1.3 Vyhodnocení dotazníku

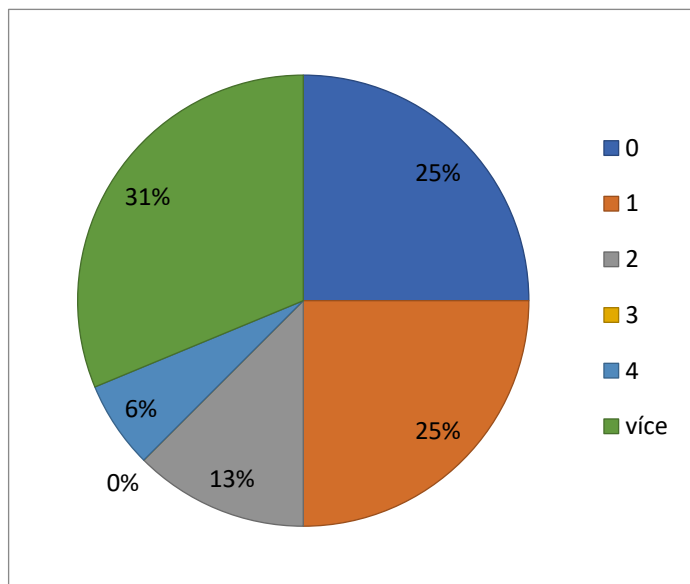
V dotazníku byly položeny 4 otázky, z nichž na 2 byla možnost otevřené odpovědi. Výsledky dotazníku byly zpracovány pomocí výšečových grafů 4.8 až 4.11.

Graf 4.8: Preference respondentů na otázku: „Pijete pivo?“



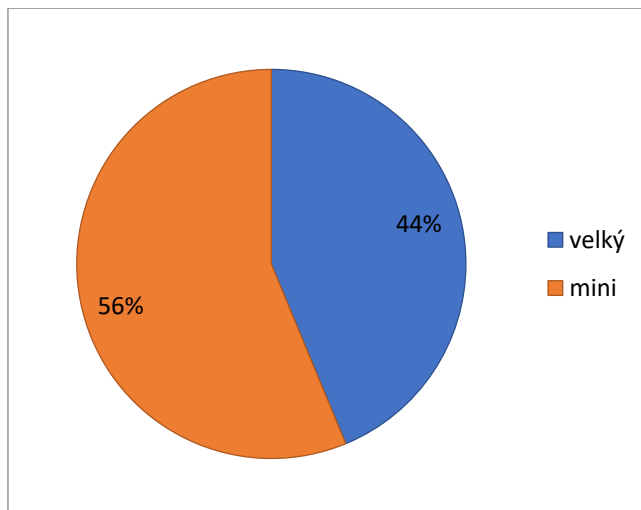
Dle grafu 4.7 lze tvrdit, že většina skupiny pije pivo. Další otázka byla zaměřena na počet vypitých piv za týden.

Graf 4.9: Preference respondentů na otázku: „Kolik piv (0,5 l) vypijete za týden?“



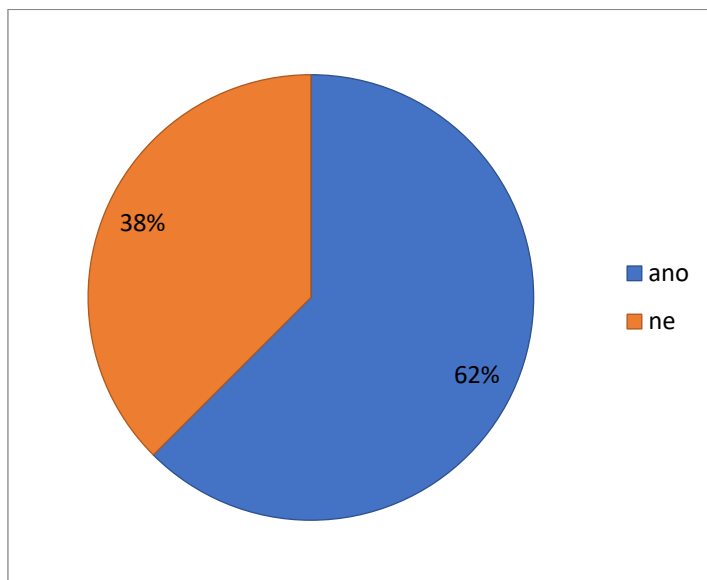
Více než jedno pivo týdně vypije 50 % respondentů, 25 % pivo nepije vůbec a zbylých 25 % vypije za týden pouze 1 pivo. V otevřené odpovědi odpověděli 2 respondenti, že vypijí 7 piv týdně, další 2 vypijí 8 piv týdně a jeden respondent 10 piv týdně. Dle statistiky Českého svazu pivovarů a sladoven (2023) vypil běžný český občan průměrně 129 piv za rok, u skupiny respondentů vychází tento průměr na 104,3 piv ročně.

Graf 4.10: Preference respondentů na otázku: „Preferujete piva z průmyslových pivovarů, nebo z minipivovarů?“



Z grafu 4.10 je zřejmé, že více než polovina respondentů má v oblíbě spíše piva z řemeslných minipivovarů, oproti pivovarům průmyslovým.

Graf 4.11: Preference respondentů na otázku: „Setkali jste se někdy s pojmem pivní vady? Případně vyjmenujte.“



Ze skupiny se 62 % respondentů setkala s pojmem pivní vady. Mezi zmíněnými vadami byla např. kvasničná, mladé pivo (neprokvašené), diacetyl, chlorfenol, kovová chuť, po ponožkách, ovocná chuť, acetaldehyd, jablečná chuť nebo zatuchlá vůně. Tyto vady korelují s výčtem vad Olšovké *et al.* (2017) a Kosaře *et al.* (2000). V dotazníku byla zmíněna například špatná chuť, špatná hořkost, kalné pivo, tyto pojmy však nejsou vedeny jako pivní vady a vždy je nutné je blíže specifikovat. Například zákal je u některých piv (pšeničná piva, NEIPA) žádaný (Strong, 2021).

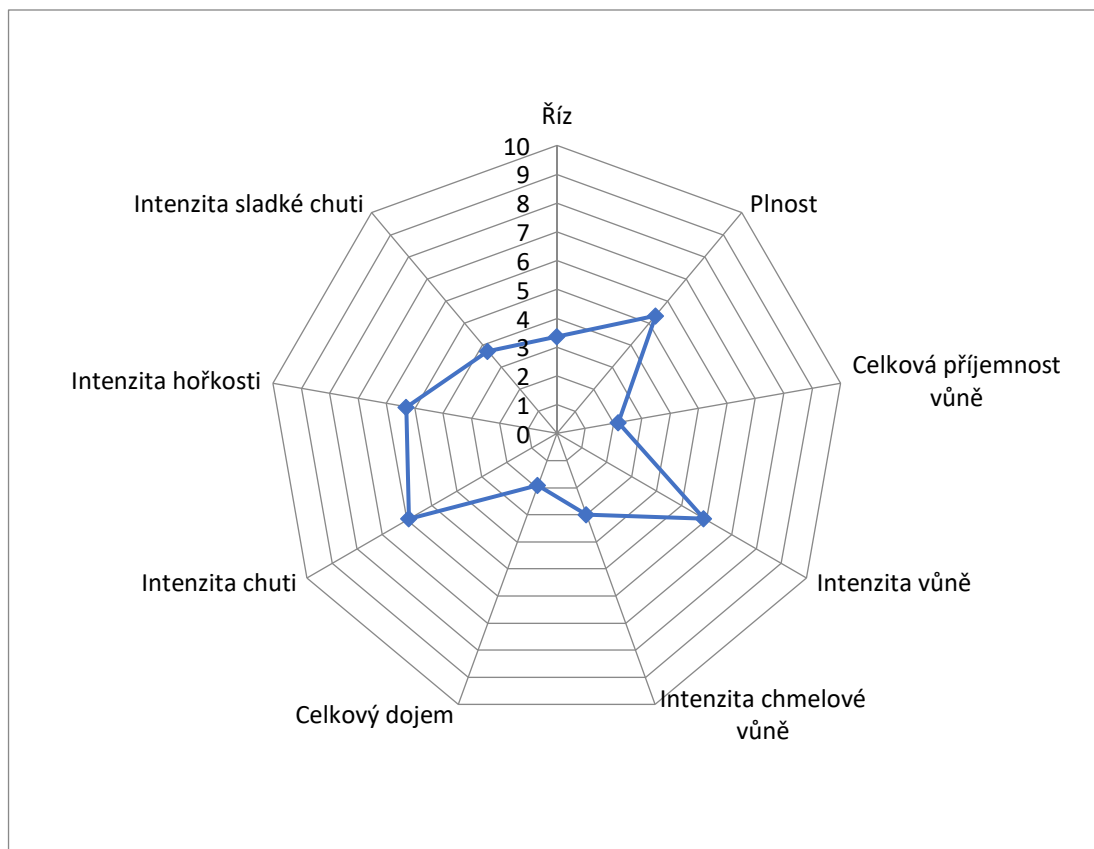
4.2 Senzorické vyhodnocení vzorků z minipivovaru

U vzorků nejprve proběhlo vyhodnocení vybraných deskriptorů (říz, plnost, celková příjemnost vůně, intenzita vůně, intenzita chmelové vůně, celkový dojem, intenzita chuti, intenzita hořkosti, intenzita sladké chuti), cizí chuť a vůně byly hodnoceny až v diskuzní části hodnocení.

4.2.1 Vzorek č. 123 – Světlý ležák (11 % EPM)

U vzorku č. 123 (graf 4.12, 4.13) byl vyhodnocen říz na spodní hranici střední hodnoty. Říz by u českých piv měl být střední až nízký (Strong, 2021). Plnost byla na střední hodnotě, což je dle Kosaře *et al.* (2000) pro pivo s extraktem původní mladiny 11 % optimální.

Graf 4.12: Senzorické vyhodnocení vybraných deskriptorů u vzorku piva č. 123

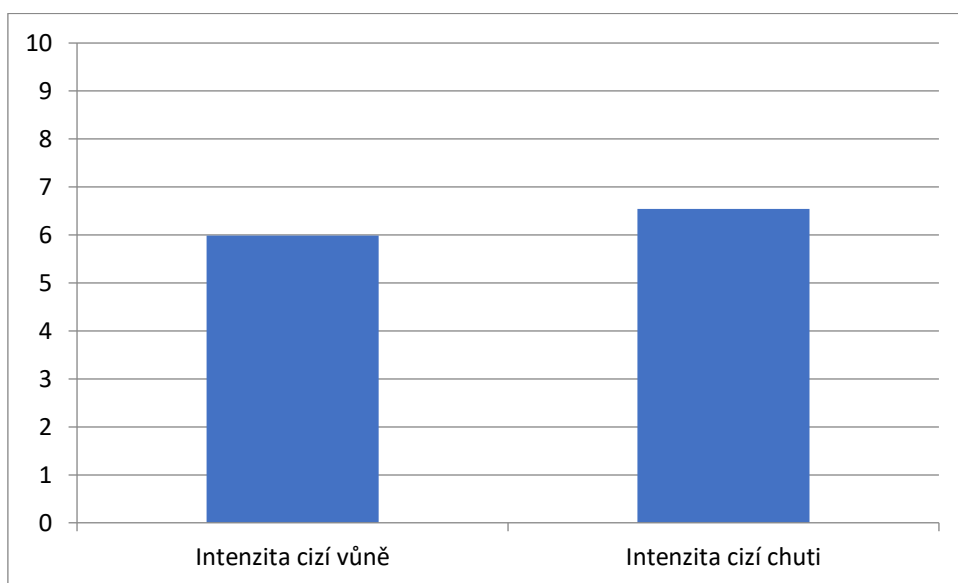


Celková příjemnost byla vyhodnocena na hranici mezi špatnou a uspokojivou, intenzita vůně byla na hranici mezi silnou a střední. Negativní hodnocení příjemnosti a vyšší intenzita vůně naznačuje, že vzorek nebyl sensoricky čistý. Intenzita chmelové vůně byla vyhodnocena jako slabá. Dle Stronga (2021) by měla být u tohoto typu piva na hranici mezi slabou a střední. Celkový dojem piva byl vyhodnocen na hranici velmi špatného a uspokojivého. Intenzita chuti byla střední. Intenzita hořkosti byla též na střední hodnotě, sladká chuť byla u vzorku slabá.

V rámci diskuze degustační komise se došlo shodou všech členů k závěru, že vzorek č. 123 obsahoval ve vůni i v chuti acetaldehyd. Tato vada je podle Olšovské *et al.* (2017) specifická vůní po zelených jablkách. Jak tvrdí Briggs *et al.* (2004), příčinou vzniku acetaldehydu v pivu může být nadměrná nebo malá dávka kvasnic,

nadměrné provzdušnění mladiny či vyšší teploty kvašení. Dle Olšovské *et al.* (2016) může acetaldehyd vznikat oxidací alkoholů během procesu stárnutí piva. Jelikož jde o vzorek piva z minipivovaru, je nejvíce pravděpodobné, že acetaldehyd vznikl během stárnutí v PET lahvi oxidací alkoholů. Tento jev je u piv z minipivovarů častý, jelikož na manuálních či poloautomatických stáčecích linkách dochází před uzavřením lahve ke kontaktu piva s kyslíkem, který v průběhu času začne reagovat s alkoholy, obsaženými v pivu.

Graf 4.13: Senzorické vyhodnocení intenzity cizí vůně a chuti u vzorku piva č. 123

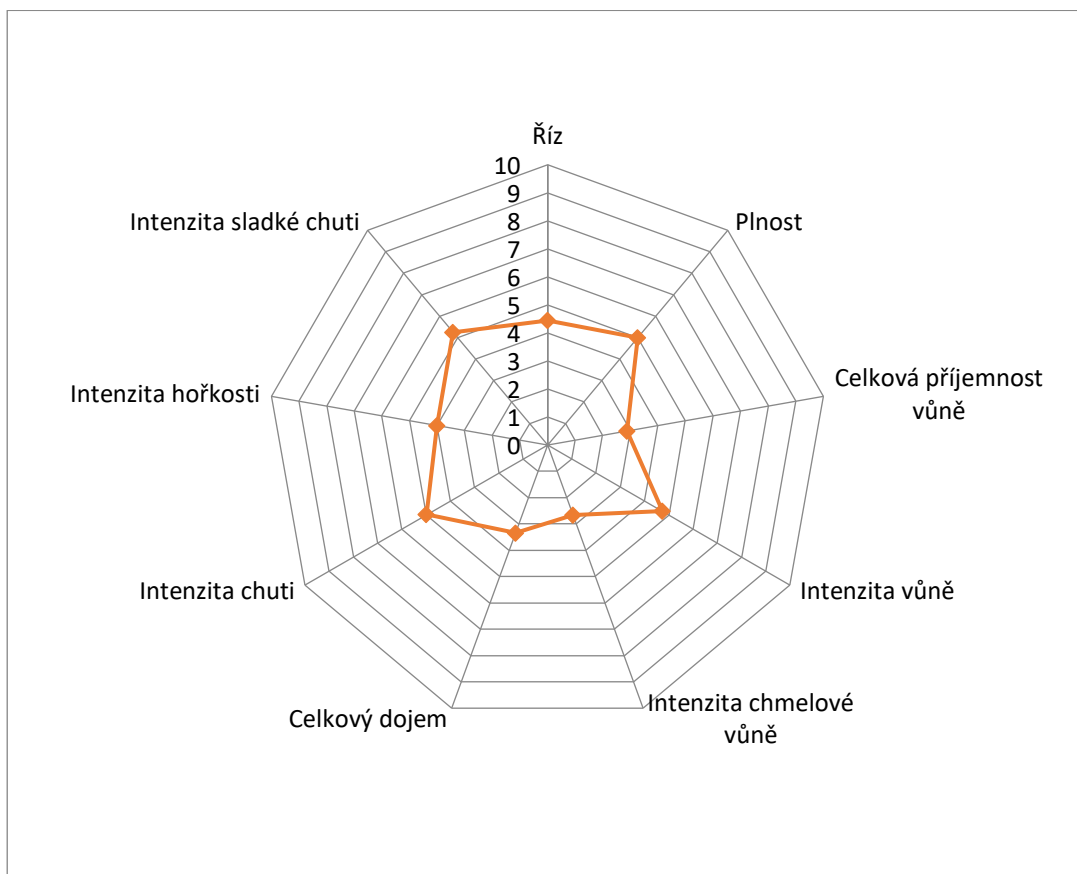


Intenzita cizí vůně a chuti (acetaldehydu) byla vyhodnocena jako silná. Vyšší intenzita pивní vady ve vzorku byla zaznamenána v chuti.

4.2.2 Vzorek č. 324 – Polotmavý ležák (12 % EPM)

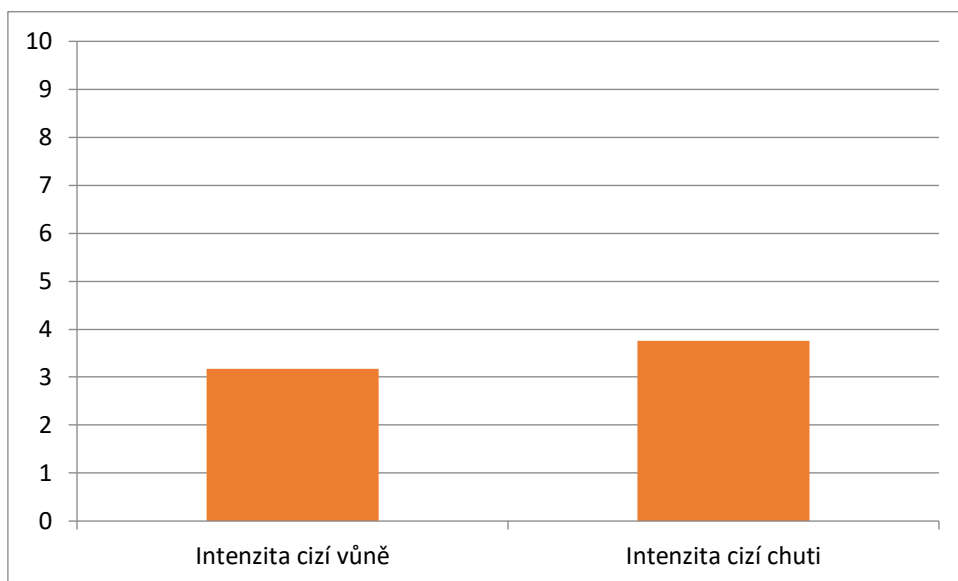
Hodnota řízu a plnosti je u vzorku č. 324 (graf 4.14; 4.15) střední, což je dle Stronga (2021) podle hodnocení BJCP v korelaci s pivním stylem. Celková příjemnost vůně a celkový dojem byly vyhodnoceny jako uspokojivé. Intenzita vůně a chuti byla vyhodnocena na střední úrovni, intenzita hořkosti byla na hranici mezi slabou a střední, intenzita chmelové vůně byla slabá. I tyto hodnoty jsou u polotmavého českého ležáku dle Stronga (2021) žádané, u polotmavého ležáku by neměla převládat chmelová hořkost, důležitým aspektem je bohatá sladová (chlebnatá) chuť či mírná karamelová nasládllost. S tím souvisí i další vyhodnocení sladké chuti na střední úrovni. Vzorek č. 324 tedy chuťově spadá do své kategorie.

Graf 4.14: Senzorické vyhodnocení vybraných deskriptorů u vzorku piva č. 324



Degustační komise se s převahou nad jedním členem shodla, že ve vzorku byl mírný náznak diacetylu v chuti. Dále byl v chuti i vůni rozpoznán acetaldehyd. Jak tvrdí Basařová *et al.* (2010), diacetyl v pivu vzniká buď špatným vedením teplot při hlavním kvašení, nebo kontaminací mléčnými bakteriemi. V tomto případě šlo spíše o špatné vedení teplot při hlavním kvašení, jelikož obsah diacetylu byl velmi nízký.

Graf 4.15: Senzorické vyhodnocení intenzity cizí vůně a chuti u vzorku piva č. 324

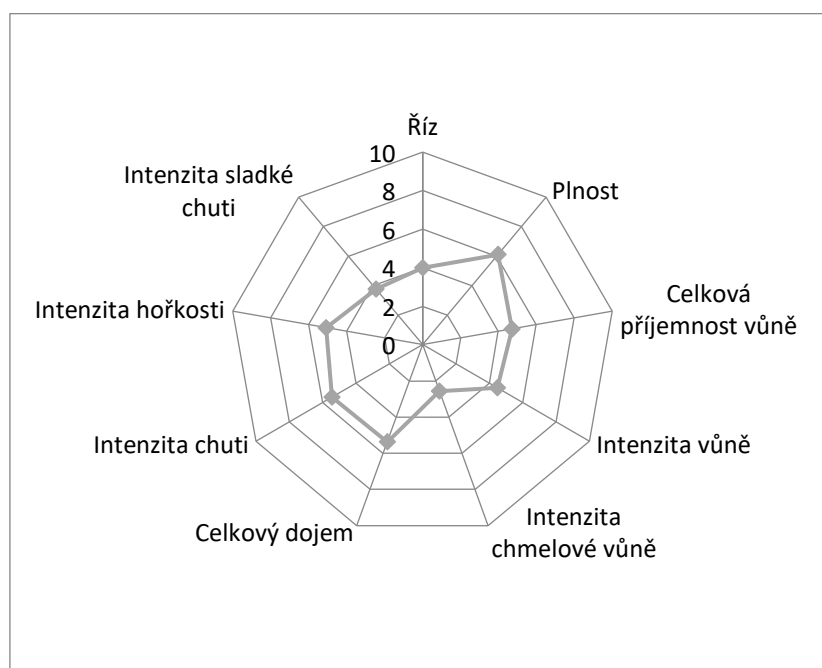


Ve vzorku č. 324 byla intenzita cizí vůně a chuti vyhodnocena na hranici mezi slabou až střední, intenzivnější byla cizí chuť.

4.2.3 Vzorek č. 645 – Světlý ležák (12 % EPM)

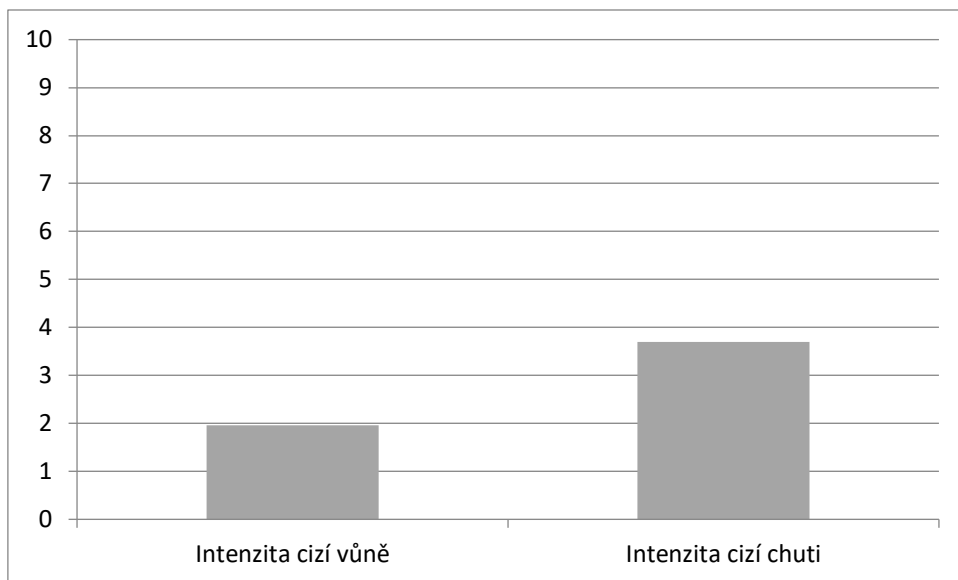
Říz byl u vzorku č. 645 vyhodnocen jako střední, plnost jako silná. Jelikož má vzorek vyšší EPM, než první hodnocený světlý ležák, hodnota plnosti tomu odpovídá. Celková příjemnost vůně a celkový dojem byly vyhodnoceny na střední úrovni. Stejně tak i intenzita vůně, chuti a intenzita hořkosti. Dle Kosaře *et al.* (2000) všechny vyhodnocené parametry sedí do kategorie českého světlého ležáku (graf 4.15,4.16).

Graf 4.16: Senzorické vyhodnocení vybraných deskriptorů u vzorku piva č. 324



Degustační komise se po senzorickém hodnocení shodla na tom, že ve vzorku č. 645 je znatelná jablečná chuť (acetaldehyd) a mírný obsah diacetylu ve vůni. Diacetyl byl cítit pouze po nalití vzorku, na konci hodnocení už ve vzorku rozpoznán znovu nebyl. Obě vady byly pravděpodobně způsobeny špatně zvolenými teplotami při kvašení, případně menší dávkou kvasnic.

Graf 4.17: Senzorické vyhodnocení intenzity cizí vůně a chuti u vzorku piva č. 645



Intenzita cizí vůně (diacetyl) byla vyhodnocena na hranici mezi neznatelnou až silnou, intenzita cizí chuti (acetaldehyd) byla slabá. Vzorek byl nakonec vyhodnocen jako nejlepší z hodnocených.

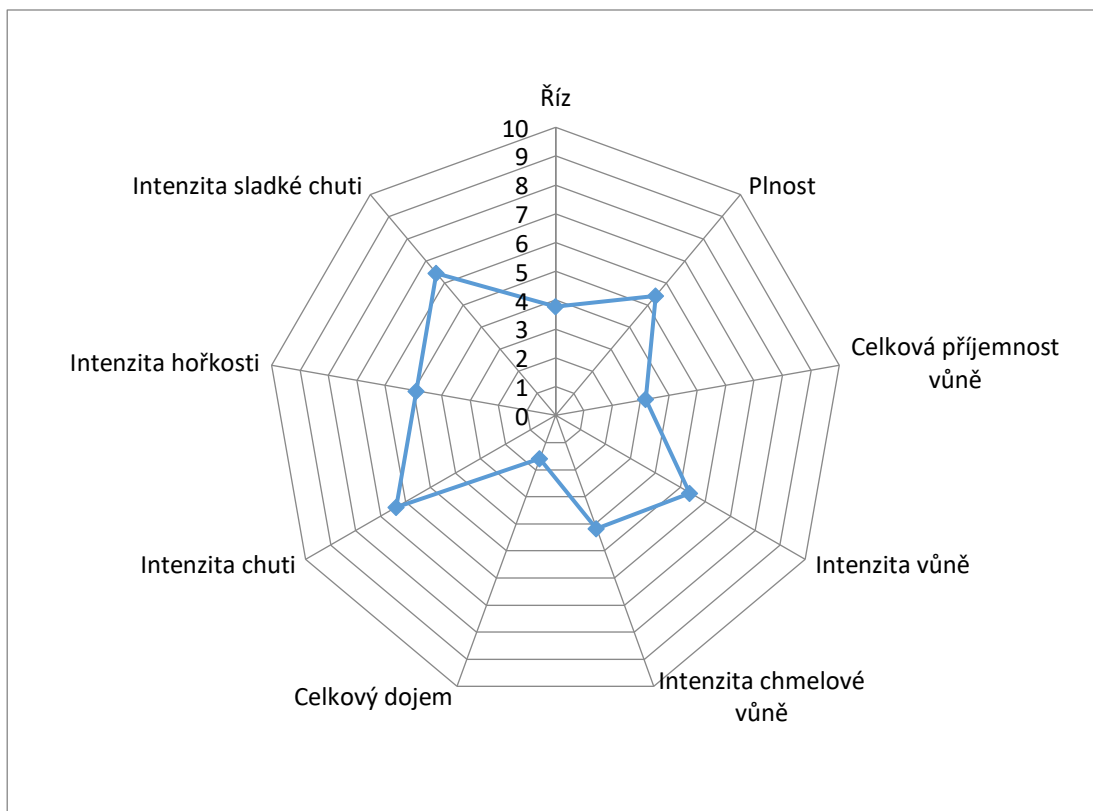
4.2.4 Vzorek č. 836 – Světlý ležák (12 % EPM)

Říz byl u vzorku č. 836 vyhodnocen na hranici mezi slabým až silným, hodnota plnosti byla mezi střední až silnou. Dle Stronga (2021) tyto hodnoty korelují s pivní kategorií. Celková příjemnost vůně však byla slabá, celkový dojem vzorku byl velmi špatný. Hodnota intenzity vůně byla střední a intenzity chuti silná. Intenzita hořkosti byla střední. Nejvyšší hodnoty nabyla intenzita sladké chuti (silná).

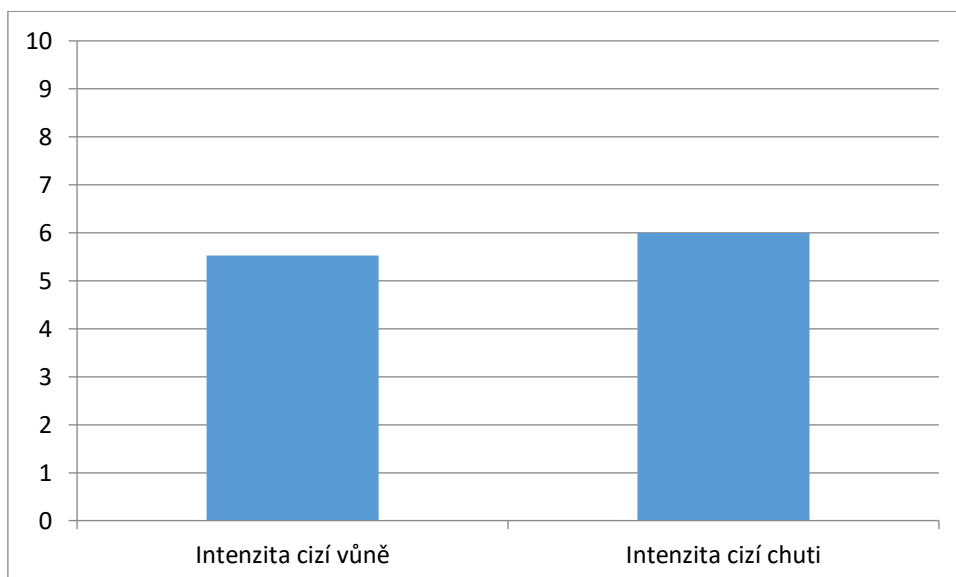
Degustační komise se jednoznačně shodla, že vzorek č. 645 byl ze senzorického hlediska velmi špatný. V chuti byla intenzivní mladinová chuť, s tím souvisí vyšší intenzita sladké chuti z předešlého hodnocení. Jak tvrdí Olšovská *et al.* (2017), mladinová či sladinová chuť může být způsobena nižším stupněm prokvašení nebo slabým odparem při chmelovaru. S tím souvisí i další nalezená vada, kterou byl dimethylsulfid. Tím se prokazuje tvrzení Bamforth (2018), že dimethylsulfid se v pivu vyskytuje po tepelném rozkladu jeho prekurzoru S-methylmethioninu, pokud nedo-

jde k dostatečnému odparu. Další vadou byla esterová vůně. Ta je dle Basařové *et al.* (2010) a Landauda *et al.* (2001) způsobena vyššími teplotami hlavního kvašení. Poslední vadou byl diacetyl ve vůni i v chuti. Nález diacetylu opět poukazuje na dříve ukončené kvašení, případně nevhodné vedení teplot během hlavního kvašení a dokvašování.

Graf 4.18: Senzorické vyhodnocení vybraných deskriptorů u vzorku piva č. 836



Graf 4.19: Senzorické vyhodnocení intenzity cizí vůně a chuti u vzorku piva č. 836



Intenzita cizí vůně byla u vzorku č. 836 střední, intenzita cizí chuti na hranici mezi střední až silnou. Vzorek byl vyhodnocen jako nejhorší z hodnocených.

5 Závěr

Cílem práce bylo sensoricky posoudit vybrané druhy piv z minipivovaru, detekovat vzniklé vady a popsat důvody jejich vzniku v průběhu technologie výroby a zrání. Výsledky byly poté sensoricky vyhodnoceny.

Prvním sensorickým hodnocením bylo zjištěno, že i nezkušená komise v oboru degustování piva rozpozná cizí chutě a vůně v pivu. Oproti vzorkům, do kterých byl cíleně přidán diacetyl a dimethylsulfid byl na prvním místě v preferenčním hodnocení referenční vzorek Čtyrák 10° připravený ve FZT JU. Nejhuře na skupinu působil vzorek s obsahem dimethylsulfidu, který má oproti diacetylu intenzivnější chuť i vůni.

Pomocí dotazníkového šetření bylo docíleno závěru, že více než polovina komise preferuje piva připravená v minipivovarech a již se někdy setkala s pojmem „pivní vady“.

Při druhé části sensorické analýzy byly odbornou skupinou degustátorů hodnoceny 4 anonymní vzorky českých piv z minipivovarů. V těchto vzorcích byly následně formou diskuze degustační komise vyhodnoceny a popsány cizí vůně a chutě. Ze všech anonymních vzorků nebyl ani jeden sensoricky čistý.

Obliba piva z řemeslných a lokálních minipivovarů u populace stále stoupá, stejně tak jako jejich počet. Tato práce a její výsledky mohou sloužit jako podnět k hlubšímu poznávání sensorické a jakostní kvality piv, jak pro zaměstnance minipivovarů, tak pro běžné konzumenty a milovníky piva.

6 Seznam použité literatury

BAMFORTH, Charles W., 2018. Dimethyl Sulfide – Significance, Origins, and Control. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*. 72(3), 165-168. ISSN 0361-0470.

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

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

BIENDL, Martin, 1996. Actual properties of hop ethanol extracts compared to CO₂-extracts. *Kvasny Prumysl*. 42(10), 310-314. ISSN 00235830.

BRIGGS, Dennis, Chris BOULTON, Peter BROOKES a Roger STEVENS, 2004. *Brewing* [online]. 1. Cambridge: CRC Press. ISBN 978-0-8493-2547-2.

CHLÁDEK, Ladislav, 2007. *Pivovarnictví*. Praha: Grada. Řemesla, tradice, technika. ISBN 9788024716169.

ENGE, Jan, P. ŠEMÍK, J. KORBEL, J. ŠROGL a M. SEKORA, 2005. Technological aspects of infusion and decoction mashing. *Kvasny Prumysl*. 51(5), 158-165. ISSN 00235830.

GIBSON, Brian, V. VIDGREN, G. PEDDINTI a K. KROGERUS, 2018. Diacetyl control during brewery fermentation via adaptive laboratory engineering of the lager yeast *Saccharomyces pastorianus*. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*. 45(12), 1103-1112. ISSN 1476-5535.

HABSCHIED, Kristina, I. KOŠIR, V. KRSTANOVIĆ, G. KUMRIĆ a K. MASTANJEVIĆ, 2021. Beer Polyphenols—Bitterness, Astringency, and Off-Flavors. *Beverages*. 7(2), 1-14. ISSN 2306-5710.

JEŽEK, František, 2014. *Senzorická analýza potravin: návody na cvičení*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno. ISBN 978-80-7305-724-4.

KINČL, Tomáš, 2022. *Praxe výroby piva nejen v malých pivovarech*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. ISBN 978-80-7592-122-2.

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

KUCHARCZYK, Krzysztof a T. TUSZYŃSKI, 2016. The effect of wort filling time on fermentation, maturation and acetaldehyde content in beer. *Czech Journal of Food Sciences*. 34(3), 265-270. ISSN 12121800.

KUCHARCZYK, Krzysztof, K. ŻYŁA a T. TUSZYŃSKI, 2020. Volatile Esters and Fusel Alcohol Concentrations in Beer Optimized by Modulation of Main Fermentation Parameters in an Industrial Plant. *Processes*. 8(7). ISSN 2227-9717.

LANDAUD, Sophie, E. LATRILLE a G. CORRIEU, 2001. Top Pressure and Temperature Control the Fusel Alcohol/Ester Ratio through Yeast Growth in Beer Fermentation. *Journal of the Institute of Brewing*. 107(2), 107-117. ISSN 00469750.

LIŠKOVÁ, Michaela, 2012. *Senzorická jakost vybraných druhů piva* [online]. Brno. Dostupné také z: <https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/8369/final-thesis.pdf?sequence=-1>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Eva Vítová.

MATOULKOVÁ, Dagmar a J. ŠAVEL, 2007. Brewing and the taxonomy of brewer's yeast. *Kvasny Prumysl*. 53(7-8), 206-214. ISSN 00235830.

NESVADBA, Vladimír, M. BRYNDA, A. HENYCHOVÁ, J. JEŽEK a J. KOŘEN, 2013. *Vývoj a tradice českých odrůd chmele*. Žatec: Chmelařský institut Žatec. ISBN 978-80-87357-11-8.

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

OCHANDO, Thomas, J. MOURET, A. HUMBERT-GOFFARD, J. SABLAY-ROLLES a V. FARINES, 2018. Vicinal diketones and their precursors in wine alcoholic fermentation: Quantification and dynamics of production. *Food Research International*. 103, 192-199. ISSN 09639969.

OLŠOVSKÁ, Jana, K. ŠTĚRBA, T. VRZAL, M. JURKOVÁ a P. ČEJKA, 2016. Sensory Beer Aging. *Kvasny Prumysl*. 62(9), 250-257. ISSN 00235830.

OLŠOVSKÁ, Jana, Pavel ČEJKA, Karel ŠTĚRBA, Martin SLABÝ a František FRANTÍK, 2017. *Senzorická analýza piva*. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský. ISBN 978-80-86576-74-9.

PRIEST, Fergus G. a G. G. STEWART, ed., 2006. *Handbook of Brewing: Second edition*. 2006. Boca Raton: CRC press. ISBN 978-0824726577.

ŠTULÍKOVÁ, Kateřina, T. VRZAL, P. KUBIZNIAKOVÁ, J. ENGE, D. MATOULKOVÁ a T. BRÁNYIK, 2021. Spoilage of bottled lager beer contaminated with *Saccharomyces cerevisiae* var. *diastaticus*. *Journal of the Institute of Brewing*. 127(3), 256-261. ISSN 0046-9750.

SUCHÝ, Ondřej, L. CHLÁDEK, P. VACULÍK, J. MALAŤÁK a J. BRADNA, 2013. Výzkum koncentrace rozpuštěného kyslíku v pivu (porovnání mezi PET a skleněnou lahví): The research of the concentration of dissolved oxygen in beer (comparsion between the pet and the glass bottles). *Agritech science*. 2013, 2013(13), 1-5. ISSN 1802-8942.

SVOBODA, Zdeněk, R. MIKULÍKOVÁ, S. BĚLÁKOVÁ a K. BENEŠOVÁ, 2017. Optimization of Determination of Dimethyl Sulfide in Wort and Beer. *Kvasny Prumysl*. 63(3), 121-125. ISSN 00235830.

SWINNEN, Johan F.M., ed., 2011. *The Economics of Beer* [online]. Oxford: Oxford University PressOxford. ISBN 0199693803.

Vyhláška č. 248/2018 Sb., *Vyhláška o požadavcích na nápoje, kvasný ocet a droždí*, Ministerstvo zemědělství České republiky.

Vyhláška č. 252/2004 Sb. *Vyhláška, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody*, Ministerstvo zdravotnictví České republiky.

WANG, Jinjing, M. LI, F. ZHENG, Ch. NIU a Ch. LIU, 2018. Cell wall polysaccharides before and after autolysis of brewer's yeast. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 34(9), 1-8. ISSN 0959-3993.

Internetové zdroje

Beer Off Flavor & Sensory Training Kits, 2017. *MoreBeer!: Absolutely everything for beer making* [online]. Pittsburg: MoreBeer! [cit. 2023-04-20]. Dostupné z: <https://www.morebeer.com/category/beer-flavor-kits.html#Off%20Flavors>

ČEJKA, Pavel a O. KOUCKÝ, 2006. Kruhové schéma chutí a vůní podle Evropské pivovarnické konvence. In: *Vesmír: Věda, příroda, člověk, společnost – časopis s tradicí od roku 1871* [online]. Praha: Vesmír, 2006 [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2006/cislo-9/pivo-vsemi-smysly.html#&gid=1&pid=1>

Český svaz pivovarů a sladoven [online], 2023. Praha: Český svaz pivovarů a sladoven [cit. 2023-04-20]. Dostupné z: <https://ceske-pivo.cz/>

ČEVAK: Kvalita pitné vody, 2023. *ČEVAK* [online]. České Budějovice: ČEVAK [cit. 2023-04-15]. Dostupné z: <https://www.cevak.cz/qf/cs/ramjet/moje-obec/detail?localPartId=403865>

Hop variety list, 2023. In: *BRELEX: Chmelové odrůdy* [online]. Praha: Brelex [cit. 2023-04-10]. Dostupné z: <https://0a9a0b8d9e.clvaw->

cdnwnd.com/445da09206b8fcc0d2fc81b5f2614bf7/200000862-1633f16341/2023%20Hop%20Manual-E-Summary-%20112022.pdf?ph=0a9a0b8d9e

Pivní vady, 2020. *Snifair: Sensory flavour set* [online]. Říčany u Brna: LabiChem spol. s r.o. [cit. 2023-04-28]. Dostupné z: <https://snifair.com/prehled-vad/>

STRONG, Gordon a Kristen ENGLAND, 2021. Beer judge certification program 2021 style guidelines: Beer Style Guidelines. *Beer Judge Certification Program* [online]. Saint Paul: Beer Judge Certification Program, 2021 [cit. 2023-04-20]. Dostupné z: https://www.bjcp.org/download/2021_Guidelines_Beer.pdf

7 Přílohy

7.1 Degustační protokol k senzorické analýze pív s přidavkem pивních vad

1. Senzorické hodnocení pív v závislosti na preferenci respondentů:

Věk: Pohlaví: muž žena Datum hodnocení:

1. Pocit v ústech:

Říz:

velmi slabý | slabý | střední | silný | velmi silný

Plnost

velmi slabá | | | | velmi silná

2. Vůně

Celková příjemnost vůně

velmi špatná | uspokojivá | dobrá | velmi dobrá | vynikající

Intenzita vůně:

neznatelná | slabá | střední | silná | velmi silná

Intenzita chmelové vůně

neznatelná | slabá | střední | silná | velmi silná

Cizí vůně: ☐ ☐
jste odpověděli ano, uveďte intenzitu cizí vůně

ano ne pokud
a specifikujte charakter

Intenzita dří vůně

neznatelná | slabá | střední | silná | velmi silná

Charakter cizí vůně (slovně specifikovat charakter vůně):

3. Chuť

Celkový dojem:

velmi špatný | uspokojivý | dobrý | velmi dobrý | vynikající

Intenzita chuti:

neznatelná | slabá | střední | silná | velmi silná

Intenzita hořkosti:

neznatelná | slabá | střední | silná | velmi silná

Sladká chuť

neznatelná | slabá | střední | silná | velmi silná

Cizí chuť ☐ ano ☐ ne *pokud jste odpověděli ano, uveďte intenzitu cizí chuti a specifikujte charakter*

Intenzita cizí chuti

neznatelná | slabá | střední | silná | velmi silná

4. Celkové pořadí:

Seřaďte vzorky dle oblíbenosti (1 = nejlepší, 3 = nejhorší):

1: 2: 3:

2. Dotazník:

1. Pijete pivo?
 - a. ano
 - b. ne
2. Pokud ano, kolik piv (0,5 l) přibližně vypijete týdně?
 - a. 1
 - b. 2
 - c. 3
 - d. 4
 - e. jiné (doplňte): _____
3. Preferujete piva z velkých průmyslových pivovarů, nebo řemeslná piva z lokálních minipivovarů?
 - a. Preferuji piva z průmyslových pivovarů.
 - b. Preferuji piva z minipivovarů.
4. Setkali jste se někdy s pojmem pivní vady? Pokud ano, dokážete některé vyjmenovat?
 - a. ano
prostor pro vyjmenování: _____
 - b. ne

7.2 Degustační protokol senzorického vyhodnocení pív z minipivovaru

2. Senzorické vyhodnocení pивích vad ve vzorcích z minipivovarů

Věk: Pohlaví: muž žena Datum hodnocení:

1. Pocit v ústech:

Říz:

velmi slabý		slabý		střední		silný		velmi silný
-------------	--	-------	--	---------	--	-------	--	-------------

Plnost:

velmi slabá								velmi silná
-------------	--	--	--	--	--	--	--	-------------

2. Vůně

Celková příjemnost vůně:

velmi špatná		uspokojivá		dobrá		velmi dobrá		vynikající
--------------	--	------------	--	-------	--	-------------	--	------------

Intenzita vůně:

neznatelná		slabá		střední		silná		velmi silná
------------	--	-------	--	---------	--	-------	--	-------------

Intenzita chmelové vůně:

neznatelná		slabá		střední		silná		velmi silná
------------	--	-------	--	---------	--	-------	--	-------------

Cizí vůně (vada): ☐ ano ☐ ne *pokud jste odpověděli ano, uveďte intenzitu cizí vůně*

Intenzita cizí vůně:

neznatelná		slabá		střední		silná		velmi silná
------------	--	-------	--	---------	--	-------	--	-------------

3. Chuť

Celkový dojem:

velmi špatný		uspokojivý		dobry		velmi dobrý		vynikající
--------------	--	------------	--	-------	--	-------------	--	------------

Intenzita chuti:

neznatelná		slabá		střední		silná		velmi silná
------------	--	-------	--	---------	--	-------	--	-------------

Intenzita hořkosti:

neznatelná		slabá		střední		silná		velmi silná
------------	--	-------	--	---------	--	-------	--	-------------

Sladká chuť:

neznatelná		slabá		střední		silná		velmi silná
------------	--	-------	--	---------	--	-------	--	-------------

Cizí chuť (vada): ☐ ano ☐ ne

Intenzita čí chutě

neznatelná | slabá | střední | silná | velmi silná

4. Specifikace pивní vady – vyhodnocení formou diskuze