

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

BRNO 2017

Bc. ŠÁRKA RATIBORSKÁ

Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta
Ústav technologie potravin



Technologické možnosti zesladovaných barevných pšenic
Diplomová práce

Vedoucí práce:
Ing. Tomáš Gregor, Ph.D.

Vypracovala:
Bc. Šárka Ratiborská

Brno 2017

Původní zadání

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: Technologické možnosti zesladovaných barevných pšeníc vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....
podpis

Poděkování

Na tomto místě bych chtěla poděkovat především vedoucímu mé diplomové práce, panu Ing. Tomáši Gregorovi, Ph.D., za jeho pomoc, ochotu a cenné rady, které mi předal během psaní práce.

ABSTRAKT

Předmětem diplomové práce „Technologické možnosti zesladovaných barevných pšeníc“ je shrnout informace o barevných pšenicích, jejich obsahových látkách a odrůdách, které mohou být použity k produkci potravin a vyrobit několik produktů ze zesladovaných barevných pšeníc. V úvodu teoretické části jsou popsány vlastnosti pšenice, její anatomická skladba a chemické složení. Teoretická část je zaměřena na barevné pšenice a jejich vlastnosti, včetně popisu jejich pigmentů. Podrobně je zde popsán také proces sladování. Praktická část je zaměřena na výrobu piva, cereálního mléka a cereálních tyčinek. Pro jejich výrobu byla použita také klasická pšenice, ječný slad, oves a ovesné vločky. U vzorků vyrobených produktů z různých odrůd barevných pšeníc byla následně provedena senzorická analýza. Rozbor piva a cereálních mlék byl proveden pomocí kapalinové chromatografie.

KLÍČOVÁ SLOVA: barevné pšenice, slad, pivo, cereální mléko, cereální tyčinky

ABSTRACT

The aim of the thesis „Technological possibilities of malted coloured wheat“ is to summarize information about coloured wheat, their contained substances and about their varieties, which can be used for food production and to manufacture several products from malted wheat. In the introduction of the theoretical part there are described properties of common wheat, its anatomical and chemical composition. It is focused on coloured wheat and their properties, including a description of their natural pigments. Malting process is described in detail. The practical part is aimed at beer, cereal milk and cereal bars production. For their production were also used common wheat, barley malt, oat and oat-flakes. The samples of product from different wheat varieties were then tested by sensory analysis. Analysis of beers and cereal milks were made by liquid chromatography.

KEY WORDS: coloured wheat, malt, beer, cereal milk, cereal bars

OBSAH

1	ÚVOD	9
2	CÍL	10
3	LITERÁRNÍ PŘEHLED	11
3.1	Pšenice setá (<i>Triticum aestivum</i> L.)	11
3.1.1	Botanické zařazení	11
3.1.2	Anatomická stavba obilky	12
3.1.3	Chemické složení obilky	14
3.2	Barevné pšenice	17
3.2.1	Rostlinné pigmenty	18
3.2.2	Červené zbarvení	21
3.2.3	Purpurové zbarvení	22
3.2.4	Modré zbarvení	25
3.2.5	Žluté zbarvení	27
3.2.6	Bílé zbarvení	29
3.3	Výroba sladu	30
3.3.1	Máčení	30
3.3.2	Klíčení	31
3.3.3	Hvozdění	33
3.3.4	Závěrečné úpravy sladu	34
3.3.5	Pšeničné slady	34
3.4	Technologické využití barevných pšenic	36
3.4.1	Pivo	36
3.4.2	Cereální mléko	39
3.4.3	Cereální tyčinky	39
4	MATERIÁL A METODIKA	40
4.1	Znaky obilní masy	40
4.2	Výroba sladu	42
4.3	Znaky sladu	43
4.4	Výroba piva	45
4.5	Výroba cereálního mléka	46
4.5.1	Cereální mléko vyrobené rmutováním	46
4.5.2	Cereální mléko vyrobené za studena	46

4.6	Výroba cereálních tyčinek.....	47
4.7	Senzorické hodnocení	47
4.8	Chromatografické stanovení.....	47
4.9	Statistické vyhodnocení	48
5	VÝSLEDKY A DISKUSE.....	49
5.1	Vyhodnocení obilní masy	49
5.2	Vyhodnocení sladu	50
5.3	Vyhodnocení pív.....	52
5.3.1	Senzorické hodnocení pív	52
5.3.2	Výsledky chromatografického stanovení.....	61
5.4	Vyhodnocení cereálních mlék	63
5.4.1	Senzorické hodnocení cereálních mlék vyrobených rmutováním.....	63
5.4.2	Senzorické hodnocení cereálních mlék vyrobených za studena	69
5.4.3	Výsledky chromatografického stanovení.....	78
5.5	Vyhodnocení cereálních tyčinek	80
5.5.1	Senzorické hodnocení cereálních tyčinek s přidavkem celých zrn nesladovaného ovsa	80
5.5.2	Senzorické hodnocení cereálních tyčinek s přidavkem ovesných vloček.....	85
6	ZÁVĚR	93
7	PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY	95
8	SEZNAM OBRÁZKŮ	105
9	SEZNAM ZKRATEK.....	108
10	PŘÍLOHY	109
11	SEZNAM PŘÍLOH.....	126

1 ÚVOD

Pro převažující část lidstva představují obiloviny základní potravinu, která je zdrojem sacharidů, ale také hodnotných bílkovin, vitaminů, minerálních látek a vlákniny. Zrno pšenice je také dobrým zdrojem fenolických látek, tokoferolů a karotenoidů. Ročně se celosvětově spotřebuje přibližně 700 milionů tun pšenice. Pšenice je nejrozšířenější plodinou na světě. Společně s rýží a kukuřicí zaujímá celosvětově největší pěstební plochy. Jedná se o vůbec nejvýznamnější plodinu mírného pásma. Průměrné výnosy se na světě pohybují okolo 3 tun na hektar. Oproti kukuřici a rýži, které jsou pěstované v teplejších oblastech, jsou její výnosy nižší. Podle statistik FAO je na konzumaci pšenice závislých 35 % lidské populace. Výrobky z pšenice představují nejvýznamnější složku lidské stravy a mohou být také zdrojem funkčních potravin a krmných přísad. V současné době se šlechtění a pěstování pšenice orientuje na určité aspekty lidské výživy, např. na obsah minerálních látek, vitaminů a fytochemikálií.

Existují genotypy pšenice, které obsahují antioxidanty. Mezi tyto antioxidanty patří přírodní barviva antokyany nacházející se v purpurovém perikarpu a modré aleuronové vrstvě, nebo karotenoidy ve žlutém endospermu. Obilky, u nichž je obsah přírodních barviv zvýšený, by mohly sloužit pro výrobu funkčních potravin, které by měly kromě výživové hodnoty i příznivý účinek na lidské zdraví. Ačkoliv se pigmenty v zrnu vyskytují pouze v nízkých koncentracích, významně ovlivňují kvalitu pšeničných produktů. V poslední době se pozornost zaměřuje na možnost zvýšení obsahu bioaktivních látek pro zlepšení zdraví a prevenci chorob. Zrna obsahující antokyany mohou být použity jako funkční potraviny, např. při výrobě celozrnných produktů nebo jako potravinářská barviva. Požadavky na antokyany bohaté potraviny a barviva se neustále zvyšují. Pšenice s netradičně zabarvenými obilkami, jakými jsou modrý aleuron, purpurový perikarp a žlutý endosperm, mohou mít význam v rámci rozšíření sortimentu potravinových výrobků. Navíc lze předpokládat, že pravidelná a dlouhodobá konzumace může mít příznivý účinek na lidské zdraví.

V této práci z části navazuji na svoji bakalářskou práci, kde jsem se zabývala výrobou a aplikací speciálních sladů pro výrobu piva.

2 CÍL

Cílem této práce je vypracování literární rešerše týkající se problematiky barevných pšeníc, které jsou dostupné na našem trhu, s ohledem na jejich složení, obsahové látky a technologické možnosti jejich zpracování. Dále pak vyrobit slady z jednotlivých odrůd barevných pšeníc a navrhnout postupy a receptury pro výrobu několika produktů ze zesladovaných barevných pšeníc. U vyrobených produktů provést dostupné fyzikálně-chemické a sensorické hodnocení.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Pšenice setá (*Triticum aestivum* L.)

Pšenice byla jednou z prvních pěstovaných rostlin a je považována za nejdůležitější obilninu v rámci lidské výživy. Je pěstována v oblastech mírného pásu (Serna-Saldivar, 2010). Ve světě zaujímá první místo, co se týče obdělávané plochy, výnosu a ekonomické návratnosti (Qasem, 2011). Hned po rýži je druhou nejpěstovanější plodinou na světě (Chen, Li, 2011). Kromě toho poskytuje v rámci lidské výživy 25 % z celkového množství kalorií a proteinů (Qasem, 2011). Proto je považována za nejdůležitější potravinovou plodinu pro přímou lidskou spotřebu. Slouží jako zdroj potravy více než jeden a půl miliardě lidí ve 43 zemích světa, které představují více než třetinu světové populace (Gustafson et al., 2009).

Mezi největší tradiční producenty pšenice patří USA, Rusko, Kanada, Austrálie a Argentina. K hlavním importérům patří naopak Brazílie, Itálie, Japonsko a Alžírsko (Burešová, Lorencová, 2013). V celkové produkci pšenice na světě je na prvním místě Rusko, na druhém místě jsou Spojené státy. Mezi další významné země, které produkují pšenici, patří Čína, Indie a Francie (Qasem, 2011). Pro tyto státy je charakteristické teplejší a sušší podnebí v době zrání zrna, z čehož vyplývá i kvalita pěstovaných obilnin. Obilniny pěstované v oblasti západní Evropy se vyznačují horší jakostí (Skoupil, 1994). Nejvhodnější prostředí pro pěstování pšenice je v suchých a chladných klimatických podmínkách, je ale pěstována v širokém rozsahu půd a podnebí (Qasem, 2011).

Celosvětové využití pšenice pro lidskou výživu činí 66 % z celkového vyprodukovaného množství. V České republice se pro lidskou výživu spotřebuje 35 % pšenice z celkové produkce, v Německu je to 42 % a ve Spojených státech 60 % (Burešová, Lorencová, 2013).

Předpokládá se, že světová potřeba pšenice v roce 2020 bude přibližně jedna miliarda tun, s ohledem na narůstající počet obyvatel (Qasem, 2011).

3.1.1 Botanické zařazení

Velká část průmyslově zpracovávané pšenice se přiřazuje ke dvěma druhům, kterými jsou pšenice setá (pšenice obecná) *Triticum aestivum* L. a pšenice tvrdá *Triticum durum* Desf. Podle doby setí se pšenice setá dělí na jarní a ozimou. Jarní pšenice se seje

na jaře a je sklízena v létě téhož roku. Ozimá pšenice je seta na podzim a sklízí se v létě roku následujícího. Má delší vegetační dobu a v našich podmínkách poskytuje vyšší výnosy. Je také vhodnější k výrobě biologicky kypřeného pečiva. Pšenice tvrdá slouží jako surovina pro výrobu těstovin (Burešová, Lorencová, 2013).

Pšenice setá náleží do rodu *Triticum L.*, který patří do čeledi lipnicovitých. Rod *Triticum L.* čítá několik druhů. Pšenice setá patří u nás i ve světě k nejvíce pěstovaným druhům pšenice. Vyskytuje se ve čtyřech varietách, kterými jsou varieta *lutescens*, *milturum*, *erythrospermum* a *ferrugineum*. Jednotlivé variety se liší osinatostí a barvou klasu. Převažující odrůdy v České republice náleží do variety *lutescens*, která má bezosinný či osinkatý klas bílé barvy.

Podle počtu chromozomů se rod *Triticum* člení na tři skupiny (Zimolka, 2005). Moderní kultivary patří zejména do dvou polyploidních skupin, kterými jsou pšenice hexaploidní a tetraploidní (Gustafson et al., 2009). Ty jsou pěstitelsky nejvýznamnější a patří k nim právě pšenice setá a pšenice špalda (Serna-Saldivar, 2010). Pšenice špalda je pěstována velmi omezeně, většinou jako produkt ekologického zemědělství (Martinek et al., 2012a).

3.1.2 Anatomická stavba obilky

Klas pšenice seté je nelámavý, s osinami nebo bez nich a může být různě hustý. Charakteristické jsou nahé obilky, které jsou na řezu oblé a mají mírně vystouplý klíček (Zimolka, 2005).

Anatomická stavba obilného zrna má svůj význam nejen při hodnocení, ale také při skladování zrna a pozdějším zpracování (Pospiech et al., 2014). Obilka je složena ze tří částí, kterými jsou embryo neboli zárodek, endosperm (jádro) a obaly (Skoupil, 1994). Jednotlivé části zrna mají různé strukturní, mechanické a fyzikálně-chemické vlastnosti a plní své specifické funkce (Pospiech et al., 2014).

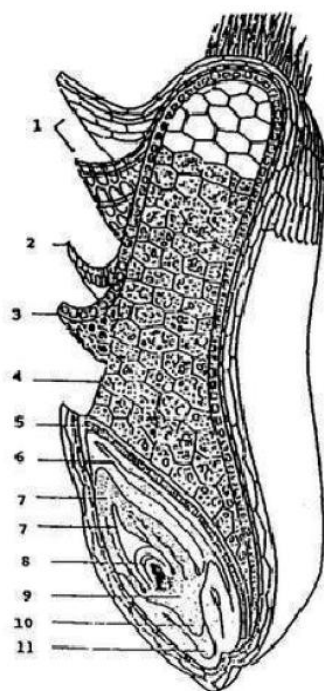
Zárodek je uložen na hřbetní straně obilky. Kolem něj se nachází oplodí a osemení. Je tvořen krátkým kořínkem obaleným čepičkou a krčkem, který je obalený pochvou s vegetačním vrcholem a se záložními listy (Zimolka, 2005). Tvoří nejmenší, ale nejvíce kolísající část pšeničného zrna (Kučerová, 2010). Podíl, který zaujímá, se pohybuje v rozmezí 2,5–3,5 % (Faltermajer et al., 2014). Protože je nutný pro vznik nové rostliny, obsahuje všechny důležité látky pro její počáteční růst, jako jsou proteiny, lipidy, sacharidy, nenasycené mastné kyseliny, minerální látky, enzymy a vitaminy

(Bulková, 2011). Významnou částí je štítek, který může obsahovat až 33 % bílkovin (Kučerová, 2010). Zárodek bývá při mlýnském zpracování oddělen vzhledem k vysokému obsahu tuku. Díky tomu má na vzduchu velmi krátkou stabilitu (Pospiech et al., 2014). Obilné klíčky mají kromě krmných účelů význam v potravinářském a farmaceutickém průmyslu (Kučerová, 2010).

Endosperm se nachází ve vnitřní části zrna a slouží jako zásobárna živin pro vývoj klíčku v období klíčení zrna, tedy do té doby, než se vytvoří kořínky a listy, které umožňují získávat živiny a energii z půdy a fotosyntézou (Burešová, Lorencová, 2013). Zaujímá největší část obilky (80–85 %). Je to také technologicky nejvýznamnější část (Kučerová, 2010). Převládající složkou endospermu je polysacharid škrob, který tvoří přes 70 % z podílu endospermu, dále to jsou bílkoviny, jejichž podíl činí 8–15 %. Buňky endospermu mají tvar nepravidelného trojúhelníku až mnohoúhelníku. Jsou vyplněny škrobovými zrny, která mají různou velikost (Zimolka, 2005). Mezi škrobovými zrny se mohou nacházet i amorfní bílkoviny. Vnější strana endospermu je tvořena aleuronovou vrstvou, kde jsou uložena aleuronová zrna. Jedná se o bílkovinné útvary, které vznikají vysycháním vakuol s vysokým obsahem bílkovinných látek. V aleuronové vrstvě se dále vyskytují tuky a vitaminy skupiny B (Slabý, Krejčí, 2005). Aleuronové buňky tvoří zhruba 6,5 % hmotnosti zrna (Burešová, Lorencová, 2013). Aleuronová vrstva bývá technologicky zahrnována do celkového endospermu (Kučerová, 2010).

Obaly zrna, které tvoří oplodí (perikarp) a osemení, ochraňují obilku před mechanickým poškozením, vysycháním a mikroorganismy (Skoupil, 1994). Tyto obaly k sobě těsně přilínají (Zimolka, 2005). Jsou tvořeny vlákninou (celulóza, hemicelulózy) a minerálními látkami (Burešová, Lorencová, 2013). Obaly obilky tvoří 13–17 %.

Jednotlivé podíly částí zrna se mohou lišit v závislosti na odrůdě i podmínkách pěstování (Trojan, 2014).



Obrázek č. 1 Příčný řez obilkou pšenice seté (Musilová, 2013)

1 - pokožka (epidermis), 1 - oplodí (perikarp), 2 - osemení (testa), 3 - aleuronová vrstva, 4 - endosperm, 5 - vrstva palisádových buněk, 6 - štítek, 7 - koleoptile, 7 - základ prvního pravého listu, 8 - vzrostný vrchol, 9 - mezokotyl, 10 - základ kořínku (radikula), 11 - kořenová pochva (koleorhiza)

3.1.3 Chemické složení obilky

Chemické složení je u jednotlivých částí zrna odlišné. Látkové složení obilnin je odvislé od půdy, odrůdy, hnojení, klimatických podmínek, doby setí a dalších faktorů (Burešová, Lorencová, 2013).

Sacharidy

Nejdůležitější skupinou zásobních látek nacházejících se v zrně jsou sacharidy. V obilce se nacházejí ve formě škrobu, dextrinů, cukrů, celulózy, hemicelulóz a pentozanů (Prugar et al., 2008).

Největší část zrna zaujímá škrob. Jeho obsah se pohybuje v rozmezí od 60 % do 80 % (Gustafson et al., 2009). V rostlině je uložen ve formě škrobových zrn, která se nacházejí v amyloplastech. Velikost a tvar škrobových zrn jsou charakteristické pro

jednotlivé rostliny. V pšenici se vyskytují zrna dvojího typu. Jedná se o A-škrob, jehož zrna mají velký čočkovitý tvar a B-škrob, který má zrna malého kulovitého tvaru (Burešová, Lorencová, 2013). Škrob je složen ze dvou polysacharidů, z amyulózy a amylopektinu (Prugar et al., 2008). Běžný obsah amyulózy činí 20–30 %. Amylopektin tvoří 70–80% (Burešová, Lorencová, 2013). Amylóza je nevětvený polymer, který je složen z velkého počtu glukózových jednotek (Bulková, 2011). Jódem se barví do modra. Amylopektin vytváří větvenou strukturu. Skládá ze 40–70 krátkých řetězců α -D glukózových jednotek. Jódem se barví červenofialově (Burešová, Lorencová, 2013).

Cukry se vyskytují ve formě pentóz a hexóz v klíčku a v periferních vrstvách endospermu.

Nejdůležitější část povrchové vrstvy zrna, obalů a buněčných stěn endospermu tvoří celulóza. Přechod mezi celulózou a škrobem tvoří hemicelulózy, které se nacházejí obzvláště v buněčných stěnách. Slouží tam jako opěrné pletivo a zároveň jako zásobní látka, která je využívána při klíčení, protože se rozkládá na jednodušší cukry (Bulková, 2011).

Lipidy

Obsah lipidů v obilce se pohybuje v rozmezí 1,5–2,5 %, je tedy poměrně nízký (Bulková, 2011). Přesto mají velmi významnou roli z hlediska stability, skladovatelnosti a následného zpracování. Nejvíce tuků se vyskytuje v klíčku, jedná se až o více než 80 % z celkového množství (Serna-Saldivar, 2010).

Lipidy zrna jsou tvořeny jednak vlastními tuky, které se skládají převážně z kyseliny linolové a olejové a jednak fosfatidy, které obsahují kyselinu fosforečnou a dusíkatou bázi (Prugar et al., 2008).

Bílkoviny

Bílkoviny mají ze všech látek obsažených v zrně největší význam, a to z hlediska technologického, nutričního a také pro krmnou hodnotu (Prugar et al., 2008). V zrně jsou rozloženy nerovnoměrně. Jejich podíl se pohybuje v rozmezí 7–22 %. Avšak u některých genotypů to může být až 17–28 % (Gustafson et al., 2009). Nejvíce jich je obsaženo v klíčku (34 %) a aleuronové vrstvě (32 %) (Bulková, 2011).

Obilné bílkoviny je možné členit podle několika hledisek, např. podle chemického složení, velikosti molekul, rozpustnosti atd. Dle rozpustnosti se bílkoviny

dělí do čtyř základních frakcí. Albuminy rozpustné ve vodě, globuliny rozpustné v solných roztocích, prolaminy rozpustné v 70–90% alkoholu a gluteliny, které jsou rozpustné ve zředěných roztocích kyselin a zásad (Burešová, Lorencová, 2013).

Mezi protoplazmatické bílkoviny patří albuminy a globuliny. Ty tvoří společně s nukleovými kyselinami a lipidy strukturu cytoplazmy a buněčného jádra (Burešová, Lorencová, 2013). Tyto dvě frakce se nacházejí hlavně v klíčku a aleuronové vrstvě (Kučerová, 2010). Jsou složeny z enzymů, nukleoproteinů a glykoproteinů. Jsou považovány za biologicky aktivní látky a hrají důležitou roli při klíčení zrna. Z nutričního hlediska patří tyto proteiny k nejkvalitnějším, protože jsou dobře stravitelné a obsahují velké množství lyzinu a dalších esenciálních aminokyselin (Serna-Saldivar, 2010).

Zásobními bílkovinami jsou prolaminy a gluteliny. Snadno se při klíčení zrna štěpí na peptidy a aminokyseliny a slouží jako zdroj dusíku pro tvorbu bílkovin, které se tvoří ve vyvíjejícím se embryu. Pšeničné prolaminy se označují jako gliadiny, pšeničné gluteliny jako gluteniny (Burešová, Lorencová, 2013). Gliadiny se též nazývají jako nízkomolekulární zásobní pšeničné bílkoviny, gluteliny jsou vysokomolekulární (Kučerová, 2010). Gliadiny a gluteniny se souhrnně nazývají jako lepkové bílkoviny. Množství a kvalita lepkových bílkovin má vliv na viskoelastické vlastnosti pšeničného těsta (Burešová, Lorencová, 2013).

Minerální látky

Množství popelovin se v obilninách pohybuje v rozmezí 1,5–3 %. Jejich obsah je u pluchatých obilí vyšší než u bezpluchých (Kučerová, 2010). Největší množství se nachází v obalových vrstvách, nejméně pak ve střední části endospermu. Mezi převládající minerální látky patří draslík, fosfor a hořčík (Burešová, Lorencová, 2013).

Vitaminy

Největší množství vitaminů se vyskytuje v klíčku, obzvláště ve štítku a aleuronové vrstvě. Endosperm je na vitaminy poměrně chudý. Jedná se zejména o přítomnost vitaminů skupiny B. V pšeničných klíčcích se vyskytuje vysoká koncentrace vitamínu E (Kučerová, 2010).

3.2 Barevné pšenice

Obilky pšenice seté jsou běžně zabarveny červeně. Byly u ní však popsány i genotypy s jiným zabarvením, a to purpurovým, modrým, žlutým a bílým (Trojan et al., 2010).

Netradiční zabarvení obilky pšenice bývá obvykle příkládáno zvýšenému obsahu biologicky aktivních rostlinných barviv, která náleží do skupiny antokyanů, karotenoidů, tríslovin a polyfenolů (Štiasna et al., 2014; Martinek et al., 2014). Pigmenty se vyskytují v různých částech obilky, v perikarpu, aleuronové vrstvě a endospermu (Trojan et al., 2010). Pigmentace různých rostlinných orgánů je důležitá pro adaptaci rostlin na některé stresory (Khlestkina, Röder, Börner, 2010).

Tyto sloučeniny vykazují výrazné antioxidační účinky. Rostlinám poskytují ochranu proti chorobám, mohou mít vliv na dormanci a klíčení obilek. Mají také blahodárný vliv na lidské zdraví (Štiasna et al., 2014). Barevné pšenice vykazují vysokou antioxidační aktivitu zvláště díky vysokému obsahu antokyanů. Antioxidační aktivita zabraňuje v lidském těle tvorbě radikálů. Poškození tkáně radikály může způsobit řadu onemocnění, jako jsou rakovina, ateroskleróza, mrtvice, neurodegenerace a diabetes (Knievel et al., 2009). Antokyaniny snižují hrozbu oxidačního poškození, zvyšují schopnost vazby těžkých kovů a v neposlední řadě mohou sloužit jako prevence kardiovaskulárních onemocnění (Štiasna et al., 2014).

Původně bylo zamýšleno, že by se pigmentované pšenice mohly používat jako vizuální ukazatel k rozlišení pšenice pro potravinářské účely od krmné pšenice nebo od pšenice určené k výrobě ethanolu (Knievel et al., 2009). Využití stávajících genetických zdrojů pšenice s různými geny pro barevné látky a pochopení jejich syntézy by mohlo být použito pro šlechtění odrůd, které akumulují vyšší počet relevantních genů, které by umožnily navýšit obsah látek, které jsou zdraví prospěšné.

Úspěšná aplikace odrůd s barevnými zrny do praxe bude záviset na úrovních výnosů a na agronomických vlastnostech srovnatelných s běžně užívanými druhy. Je také nezbytné znát rozsah přirozené degradace barviva v průběhu tepelného zpracování pšeničných zrn, kdy v průběhu Maillardovy reakce dochází k chemickým změnám. Výroba a technologické zpracování produktů by měly být nastaveny tak, aby byly zachovány cenné přírodní látky, které se v barevných zrnech nacházejí (Martinek et al., 2014).

Zrna barevných pšenic jsou z nutričního hlediska nadřazená pšenicím s bílým zrnem (Gordeeva, Shoeva, Khlestkina, 2014). U barevných pšenic je vyžadována dobrá

genetická stabilita, vynikající odolnost a vysoké výnosy. Počet registrovaných odrůd barevných pšenic je poměrně omezený. Ty, které jsou dostupné, mají nízkou agronomickou hodnotu a pečivo z nich vyrobené má horší kvalitu (Havrlentová et al., 2014).

Vývoj v potravinářském průmyslu může vést k inovacím nových produktů z netradičně zabarvených pšenic, které budou mít lepší nutriční a funkční vlastnosti. Funkční potraviny jsou v posledních letech aktivní oblastí výzkumu a průmyslového využití. V organismu mohou modulovat různé funkce a zlepšit zdravotní stav, což snižuje riziko výskytu civilizačních chorob (Garg et al., 2016).

3.2.1 Rostlinné pigmenty

Netradiční zabarvení obilky je způsobeno přítomností dvou přirozeně se vyskytujících pigmentů. Jedná se o karotenoidy a antokyany. Karotenoidy poskytují žluté zabarvení endospermu obilky. Antokyany se hromadí v aleuronové vrstvě nebo perikarpu a zrna dávají modrou, fialovou nebo červenou barvu. Obě tyto skupiny látek jsou známy svými pozitivními účinky na lidské zdraví, z tohoto důvodu je jejich akumulace velice žádaná (Ficco et al., 2014b).

Karotenoidy

Karotenoidy jsou přírodní nejvíce se vyskytující pigmenty, které mohou mít žlutou, oranžovou a červenou barvu. Je jim věnována významná pozornost pro jejich provitaminovou a antioxidační funkci (Graybosch, 2009).

Jedná se o nejdůležitější přírodní pigmenty. Tyto sloučeniny mají širokou distribuci, různé struktury a četné biologické funkce. Jsou to prekurzory vitamínu A, dále jsou spojovány se sníženým rizikem rakoviny a kardiovaskulárních onemocnění, s ochranou sítnice, prevencí šedého zákalu a se zvýšeným vstřebáváním železa (Ficco et al., 2014a).

V přírodě se vyskytuje přes více než 600 druhů karotenoidů. Hojně se nacházejí v rostlinách, živočiších a mikroorganismech. V rostlinách mají důležitou funkci. Poskytují jim pigmentace, které jsou významné pro fotosyntézu, reprodukci a ochranu rostlin. Mezi karotenoidy, které se obvykle vyskytují v pšeničném zrna, patří lutein, zeaxantin, β -kryptoxantin, β -karoten a α -karoten. V nejvyšší koncentraci se v pšenici

vyskytuje lutein, který je následován zeaxantinem a β -kryptoxantinem (Graybosch, 2009).

Nejjednodušším zástupcem karotenů je lykopen. Jedná se o acyklický polynenasycený uhlovodík. Nejznámějším a nejrozšířenějším karotenem je β -karoten.

Kvalitativní a kvantitativní složení karotenoidů v plodinách je odvislé od množství faktorů, jako je druh a odrůda rostliny, stupeň zralosti, způsob zpracování atd. (Šulová, 2011).

Antokyany

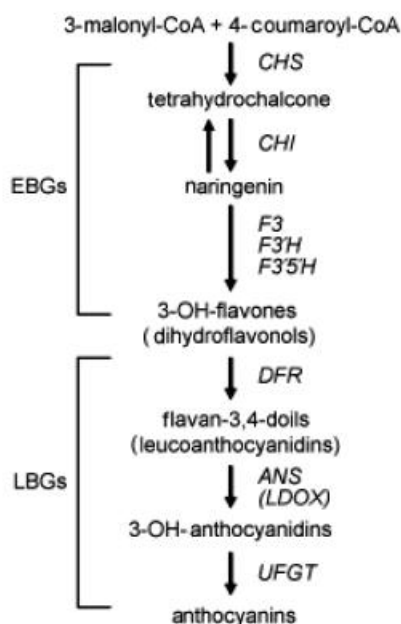
Antokyany jsou chemické sloučeniny rostlinného původu, které jsou zodpovědné za modré, fialové, červené nebo oranžové zbarvení ovoce, zeleniny, květin a dalších rostlinných tkání (Ficco et al., 2014b). Bohatě se vyskytují v modře a fialově zbarvených plodech a jejich produktech, jako jsou červené víno a semena některých druhů rostlin (Burešová et al., 2015). Nejvyšší celkový obsah antokyanů byl zjištěn v borůvkách, plodech bezu, v hroznovém vínu a v lilku (Burešová et al., 2015).

Antokyany se řadí do skupiny fenolických sloučenin. Jedná se o látky, které mají ve své struktuře jeden nebo více aromatických kruhů, s jednou nebo více hydroxylovými skupinami. Obecně jsou děleny do několika kategorií, jako jsou fenolové kyseliny, flavonoidy, stilbeny, kumariny a taniny. Mezi nejvíce se vyskytující patří fenolové kyseliny a flavonoidy (Graybosch, 2009).

Polyfenolové pigmenty jako jsou antokyany, proantokyanidy a flobafeny jsou hlavními látkami pro pigmentaci rostlin. Jsou syntetizovány prostřednictvím biosyntézy flavonoidů (Himi, Nisar, Noda, 2005). Důsledkem molekulární variability je známo více než 600 přírodních antokyanů (Havrlentová et al., 2014). Nejhojněji se v přírodě vyskytuje pouze 6 z nich a jsou klasifikovány na základě počtu a polohy hydroxylových a methoxylových skupin na flavanovém jádře (Burešová et al., 2015). Nejvíce frekventované jsou kyanidin, delfinidin, malvidin, pelargonidin, petunidin a peonidin (Havrlentová et al., 2014). Kyanidin a pelargonidin jsou odpovědné za fialové a červené zbarvení v rostlinách. Delfinidin způsobuje modré zbarvení (Hosseinian, Li, Beta, 2008).

Jejich biosyntéza inicializuje konjugaci malonylu-CoA a p-kumaroylu-CoA, odvozených od fenylypropanové biosyntetické dráhy, za přítomnosti mnoha enzymů (Havrlentová et al., 2014). Jedním z klíčových enzymů je chalkonsyntáza (CHS). Geny,

kteří kódují enzymy biosyntetické dráhy, je možné dělit na dvě skupiny. Jsou to geny rané biosyntézy (EBGs – Early Biosynthesis Genes) a geny pozdní biosyntézy (LBGs – Late Biosynthesis Genes) (Musilová, 2013).



Obrázek č. 2 Zjednodušené schéma biosyntézy antokyanů (Musilová, 2013)

Antokyaniny jsou bioaktivní látky, v podstatě i nutriční sloučeniny (Žofajová et al., 2012). Ve srovnání s vitaminy C a E, které jsou absorbovány v horních segmentech střeva, se antokyaniny vyskytují v různých koncentracích v tlustém střevě (Havrlentová et al., 2014). Dokonce vykazují vyšší antioxidační aktivitu, než vitaminy C a E (Žofajová et al., 2012). Antokyaniny mají také schopnost vázat těžké kovy, jako například měď, železo a zinek (Hosseini, Li, Beta, 2008). Bylo zjištěno, že se antokyaniny vstřebávají ze střeva do krevního oběhu a byly detekovány v moči v množství 1,0–6,7 % z celkového množství, když šest zdravých jedinců pilo 300 ml červeného vína, které obsahovalo 218 mg antokyanů (Abdel-Aal, Young, Rabalski, 2006).

Mezi šlechtiteli roste zájem o vyšší obsah antokyanů v obilninách, a to nejen z důvodu jejich role v ochraně rostlin, ale také kvůli jejich blahodárným účinkům na lidské zdraví (Tereshchenko, Arbuzova, Khlestkina, 2013). Antokyaniny mohou také sloužit jako přírodní potravinářské barvivo. Tím by mohlo dojít ke snížení užívání

syntetických barviv. Umístění antokyanů ve vnějších vrstvách navíc usnadňuje jejich extrakci (Ficco et al., 2014b).

Nevýhodou antokyanů při zpracování potravin je jejich citlivost na různé faktory, jako je teplota, intenzita světla, podmínky skladování, hodnota pH, kovové ionty, enzymy, kyslík, oxid siřičitý, kyselina askorbová a cukry (Havrlentová et al., 2014).

Genotypy pigmentovaných pšenic vykazují velké rozdíly v kvalitě a složení antokyanů, stejně tak u jejich antioxidační aktivity. Mezi hlavní antokyany identifikované v barevných pšenicích patří kyanidin a delphinidin. Pro jejich identifikaci a kvantifikaci jsou potřeba více citlivé a spolehlivé metody. Je třeba nadále provádět studie pro zhodnocení stability těchto sloučenin v průběhu výroby finálních produktů a odhadnout dopady na lidské zdraví prostřednictvím hodnocení biomarkerů cílových funkcí a biologické odpovědi (Ficco et al., 2014a). Kromě genotypu hrají při tvorbě antokyanů v zrna důležitou roli i podmínky prostředí, jako je teplota, vlhkost, intenzita světla, kyslík (Garg et al., 2016). Na světle jsou antokyany nestabilní a jsou nerozpustné ve vodě. Obvykle se tedy přirozeně nevyskytují ve volném stavu. V buněčných vakuolách se nacházejí ve spojení s cukry, které jim dávají stabilitu a rozpustnost ve vodě (Trojan, 2014). Trojan (2014) ve své práci taktéž došel k závěru, že se obsah antokyanů snižuje v pozdních fázích vývoje obilky.

Vyšší obsah antokyanů se vyskytuje u pšenice s modrým aleuronem, následují pšenice s purpurovým a červeným perikarpem (Ficco et al., 2014a). Červené a bílé pšenice obsahují velmi malé množství antokyanů, na rozdíl od modrých a fialových. Skladba antokyanů v aleuronu modré pšenice je relativně jednoduchá, zatímco perikarp fialových pšenic jich obsahuje větší množství (Knievel et al., 2009).

3.2.2 Červené zbarvení

Pigment červeného pšeničného zrna tvoří polyfenolové sloučeniny, flobafen nebo proantokyanidiny, které jsou syntetizovány pomocí biosyntézy flavonoidů (Štiasna et al., 2014). Hlavními pigmenty červených pšenic jsou xantofyly, karotenoidy a flavony (Abdel-Aal, Hucl, 2003).

Červené zbarvení je u běžných odrůd pšenice seté řízeno jednou až třemi dominantními alelami R-A1b (na chromozomu 3AL), R-B1b (na chromozomu 3BL) a R-D1b (na chromozomu 3DL) (Martinek et al., 2012a).

Červená barva zrna bývá spojována s vyšším obsahem hořkých fenolových látek, nižší aktivitou hydrolytických enzymů a vyšší odolností vůči předsklizňovému porůstání (Martinek et al., 2014). U červených pšenic je dormance spojována s genem R pro červenou barvu, který je lokalizován na homeologické skupině chromozomu 3 (Mares et al., 2005). Toto zabarvení bývá právě proto obecně spojováno se zvýšenou odolností k předsklizňovému porůstání (Lachman et al., 2003).

Některé výzkumy zabývající se korelací mezi barvou zrna a celkovým obsahem fenolových kyselin došly k závěru, že zrna červené barvy mají, oproti bíle zbarveným zrnům, vyšší obsah fenolových kyselin. Avšak některé další studie tuto korelaci nepotvrdily. Studie z roku 2005 uvádí, že otruby z červené pšenice obsahují větší koncentraci ferulové a syringové kyseliny, ve srovnání s bílými zrny. Ostatní naopak došly k závěru, že červená pšenice obsahuje vyšší obsah kyseliny sinapové, ale nižší obsah kyseliny ferulové. Množství fenolových kyselin je ovlivněno genetikou, podmínkami životního prostředí a dalšími faktory (Challacombe, 2012).

Červeně zbarvená zrna obsahují nesrovnatelně nižší množství antokyanů, v porovnání s modrými a fialovými obilkami (Havrlentová et al., 2014).

3.2.3 Purpurové zabarvení

Pigmenty odpovědné za fialové zabarvení zrna se nacházejí v perikarpu. Pro pšenice s purpurovým perikarpem je typický vysoký obsah antokyanů, které jsou zastoupeny zejména ve formě kyanidin 3-glukosidu a peonidin 3-glukosidu. Kyanidin 3-glukosid je převládajícím antokyanem (Abdel-Aal, Hucl, 2003).

Za purpurovou barvu zrna jsou odpovědné geny Pp. Kromě těchto genů jsou u pšenice známy také jiné geny, které podmiňují purpurové prašníky, červená ouška, červené a purpurové koleoptile, což jsou první listy zárodku, purpurové stéblo a další. Některé z těchto genů byly mapovány pomocí molekulárních markerů (Martinek et al., 2006).

Fialové zabarvení hexaploidních pšenic (*Triticum aestivum* L.) bylo pravděpodobně převedeno z fialových tetraploidních pšenic původem z Etiopie (Dobrovolskaya et al., 2006). První vzorky byly poslány do Německa německým botanikem Schimperem a odtud se pak rozšířily do dalších zemí, jako byla Austrálie, USA, Kanada a Rusko. Doposud není zcela objasněno, o jaký taxon nebo směs taxonů se jednalo.

Zbarvení se může u obilek vyskytovat v různé intenzitě. Od plně purpurové, která může vypadat až jako černá, po světlejší hnědo purpurovou. Na odlišnou intenzitu zbarvení mohou mít vliv genetické faktory a faktory vnějšího prostředí, zejména teplota a světlo (Trojan, 2014). Fialové pigmenty ochraňují rostlinné tkáně před UV zářením a napomáhají také toleranci vůči suchu, těžkým kovům, býložravcům a patogenům (Khlestkina, Röder, Börner, 2010).

Fialové obilky jsou bohatým zdrojem přírodních pigmentů, vitaminů, proteinů, aminokyselin a prospěšných stopových prvků. Přírozený obsah selenu v zrně může mít pozitivní vliv na zvýšení lidské imunity a pomáhat při prevenci rakoviny (Li et al., 2010). Obsah antokyanů se pohybuje v rozsahu od 34 do 500 mg·kg⁻¹. Nicméně to, jak vlastnosti rostlin ovlivňují množství antokyanů a do jaké míry má na jejich obsah vliv životní prostředí a agronomické řízení, není doposud zcela známo.

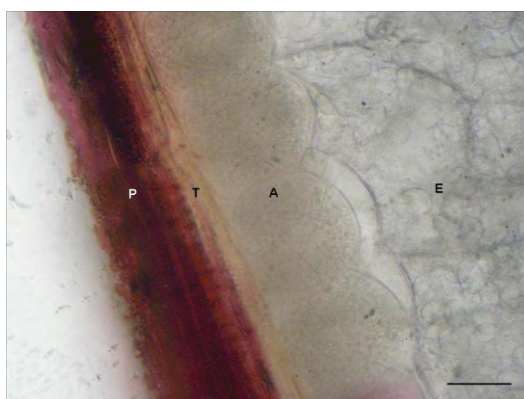
Bylo zjištěno, že pozice zrna v klásku má vliv nejen na hmotnost zrna, ale také na koncentraci prvků. Distální zrna, tedy ta, která jsou na nejvzdálenější pozici v klasu, mají menší hmotnost než ta, která leží blíže ke stonku a zároveň mají nižší koncentraci stopových prvků, jako je železo a zinek. Podobně by to mohlo být s množstvím antokyanů v zrně. Dalšími faktory, které mají vliv na množství antokyanů, jsou dostupnost sacharidů, což souvisí s polohou zrna v klasu, hnojením hořčíkem a dobou sklizně (Bustos, Riegel, Calderini, 2012).

Ve studii z roku 2016 bylo u purpurové pšenice zjištěno vyšší množství acylovaných antokyanů. Ty jsou obecně žádanější a prospěšnější, na rozdíl od těch neacylovaných. Mají totiž lepší stabilitu a biologickou dostupnost. Předpokládá se, že fialové pšenice, které obsahují nižší množství neacylovaných antokyanů, ve srovnání s modrými pšenicemi, mohou mít lepší účinky na lidské zdraví (Garg et al., 2016).

Průměrný denní příjem antokyanů je odhadován na 215 mg v létě a 180 mg v zimě (Abdel-Aal, Young, Rabalski, 2006). Je to samozřejmě ovlivněno typem konzumované potraviny. Za účelem zvýšení jejich příjmu byly na antokyan bohaté pšeničné kultivary navrženy jako suroviny pro pečení, namísto červených nebo bílých pšeníc, které mají nízký obsah fenolových sloučenin (Bustos, Riegel, Calderini, 2012). Užití pšeníc s purpurovým perikarpem, respektive i modrým aleuronem, je spojováno především s jejich uplatněním v podobě celozrnné mouky. Tyto pigmenty se totiž vyskytují zejména v povrchových vrstvách obilky. Karotenoidy se naopak nacházejí více v endospermu. Avšak využití celozrnné mouky přináší při používání tradičních

receptur změnu chuťových vlastností. Ve šlechtění je důležité studium genů, které ovlivňují technologickou kvalitu. Je potřeba tyto geny vhodně zkombinovat s geny pro biosyntézu antokyanů tak, aby se daly vyšlechtit odrůdy s barevnými obilkami, které by měly zároveň i vysokou potravinářskou kvalitu (Štiasna et al., 2014).

Pšenice s purpurovou barvou zrna jsou vhodné pro výrobu pekařských výrobků. Vzhledem k umístění barevných pigmentů v obilce je zapotřebí do těsta přidávat otruby. Díky tomu se zvýší obsah antokyanů v produktu. Avšak přídavek otrub může mít nepříznivý vliv na některé vlastnosti výrobku. Ve studii z roku 2014 byly připraveny směsi, které obsahovaly z celkových mlýnských produktů 10 %, 20 % a 30 % otrub. U zhotovených pekařských výrobků byla následně provedena sensorická analýza. Vzorek s obsahem otrub 30 % byl vyhodnocen jako nejméně přijatelný, naopak nejlepších výsledků dosáhl vzorek, který obsahoval pouze 10 % otrub (Janečková et al., 2014).



Obrázek č. 3 Příčný řez obilkou s purpurovým perikarpem - genotyp ANK - 28B, měřítko 200 μ m (Trojan, 2014)

P - perikarp, T - testa, A - aleuronová vrstva, E - endosperm

Odrůda PS Karkulka

Tato odrůda byla registrovaná na Slovensku v roce 2014. Je určena k potravinářskému i krmnému využití. Šlechtitelem odrůdy je Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum Lužianky, Výskumný ústav rastlinnej výroby, Výskumno-šľachtiteľská stanica Vígľaš-Pstruša, Slovenská republika. Autorský podíl na odrůdě má také Agrotest fyto, s. r. o. Kroměříž.

V této odrůdě je koncentrace antokyanů výrazně vyšší, ve srovnání se standardními kultivary. Obsah antokyanů se liší v závislosti na lokalitě. Kromě obsahu příznivých antokyanů v obalových vrstvách má odrůda také kvalitní endosperm, který je

možno užívat v potravinářském průmyslu, vysoký obsahu bílkovin, velmi vysoký obsah lepku a vysokou vaznost vody moukou (Rückschloss, Hanková, Matúšková, 2014).

Odrůda Indigo

Tato odrůda byla povolena v roce 2006 v Rakousku. Je určena pro výrobu speciálních potravin. V zrně obsahuje přibližně 200 mg·kg⁻¹ antokyanů, což je množství srovnatelné například s červeným vínem (Havrlentová et al., 2014).

3.2.4 Modré zabarvení

Modrá barva zrna je podmíněna přítomností antokyanů (Martinek et al., 2012b). U běžné pšenice je obsah antokyanů velmi nízký, zatímco elitní linie s modrým aleuronem vykazují výrazně vyšší hladiny antokyanů (Burešová et al., 2015). Modrá zrna se od těch fialových liší složením a přítomností jednotlivých antokyanů. Obecně platí, že se vyšší množství antokyanů vyskytuje u modrých zrn, v porovnání s fialovými (Martinek et al., 2014).

Modré zabarvení aleuronu pšenice je řízeno dvěma geny. Ba1 je lokalizován na dlouhém rameni chromozomu 4B, kdy celé rameno bylo přeneseno z *Thinopyrum ponticum*. Ba2 se nachází na dlouhém rameni chromozomu 4Am, který byl převeden do hexaploidní pšenice z *Triticum monococcum* L. (Martinek et al., 2013).

Pšenice s modrým aleuronem obsahují zejména delphinidin 3-glukosid, delphinidin 3-rutinosid, kyanidin 3-glukosid a malvidin 3-glukosid (Ficco et al., 2014a). Delphinidin 3-glukosid je hlavním antokyanem u modře zabarvených zrn. Zaujímá přibližně 69 % celkového podílu antokyanů. Přibližně 21 % z celkového denního příjmu antokyanů zastává právě delphinidin (Abdel-Aal et al., 2008). Mezi antokyaniny je to nejučinnější angiogenní inhibitor a může být užitečný při prevenci a léčbě rakoviny (Burešová et al., 2015). Hned za ním následuje kyanidin 3-glukosid, jenž tvoří asi 24 % z celkového obsahu antokyanů a na denním příjmu antokyanů se podílí ze 45 % (Abdel-Aal et al., 2008).

Lepší stabilita barev byla pozorována u modrých pšenic, na rozdíl od fialových. Je to v důsledku umístění pigmentu v aleuronové vrstvě, která je chráněna několika vrstvami oplodí (Garg et al., 2016).

Studie z roku 2005 zabývající se složením a stabilitou antokyanů v modrém zrně zjistila, že tepelně nejstabilnější byly při hodnotě pH 1. Degradace při pH 3 byla o něco

slabší, než při pH 5. Zvýšením teploty z 65 °C na 95 °C došlo také ke zvýšené degradaci antokyanů. Přídavek SO₂ při ohřevu měl na antokyanu stabilizační účinek (Abdel-Aal, Hucl, 2003).

V mouce a otrubách obsahují modrá zrna, ve srovnání s fialovými, více antokyanů (Havrlentová et al., 2014). Průměrné množství antokyanů v celozrnné mouce z pšenice s modrým zbarvením je 157 mg·kg⁻¹, v otrubách se pak průměrně nachází 458 mg·kg⁻¹ (Zheng et al., 2009).

Produkce odrůd pšenice s modrým aleuronem je dána agronomickými a zpracovatelskými nároky a požadavky spotřebitelů. Z tohoto důvodu nemá většina pěstovaných odrůd pšenice své modré varianty. Avšak v současné době velmi stoupá zájem o takto nestandardně zbarvené obilky. Pšenice s modře zbarvenou aleuronovou vrstvou se mohou vyskytovat přirozeně u planých druhů v diploidní, tetraploidní a hexaploidní formě, případně v některých zemích jako hospodářsky využívaná speciální plodina.

V České republice probíhalo šlechtění pšenice s modrým zbarvením obilky ve Výzkumném ústavu rostlinné výroby Praha. Výchozí materiál pocházel z odkazu Ericha von Tschermak-Seysenegg. S cílem přenesení modrého zbarvení do kulturních odrůd bylo prováděno systematické dlouhodobé křížení s pestrou řadou odrůd ozimé pšenice. Rozpracovaný materiál byl později převeden do ústavu Agrotest fyto, s. r. o. Kroměříž (Musilová, 2013).



Obrázek č. 4 Příčný řez obilkou s modrým aleuronem - genotyp Tschermaks Blaukörniger Sommerweizen, měřítko 200 μm (Trojan et al., 2011)
P - perikarp, T - testa, A - aleuronová vrstva, E - endosperm

Odrůda Skorpion

Odrůda ozimé pšenice Skorpion se vyznačuje modrým zbarvením zrna, což způsobuje šedomodré zbarvení šrotu i mouky. Díky svému neobvyklému zbarvení je určena ke speciálnímu využití v potravinářství.

U této odrůdy se také vyskytuje alespoň jeden gen pro červené zbarvení zrna. Autor této odrůdy Miroslav Škorpík se domnívá, že by modré zbarvení mohlo pocházet z mezirodového křížení pšenice s *Aegilops ovata* L. nebo z žita.

Tato odrůda byla vyšlechtěna v České republice a zaregistrována po tříletém zkoušení v Rakousku v roce 2011. Je zapsána v Evropském katalogu odrůd. V České republice probíhalo šlechtění této odrůdy ve Výzkumném ústavu rostlinné výroby v Praze, následně v ústavu Agrotest fyto, s. r. o. v Kroměříži (Martinek et al., 2012b).

Mouka z této odrůdy je lehce šedomodrá, otruby mají intenzivnější zbarvení. Tato odrůda je vhodná pro výrobu celozrnných rohlíků. Za účelem silnějšího zbarvení mohou být do mouky přidávány jemně mleté otruby (Martinek, et al., 2013).

V zrně sklizeném v roce 2008 byl obsah antokyanů $31,6 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, zatímco kontrolní odrůdy s červeným a bílým zrnem obsahovaly pouze zanedbatelné množství, které nepřesahovalo $8,7 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (Martinek et al., 2012b).

3.2.5 Žluté zbarvení

Žlutá barva endospermu je dána přítomností karotenoidů ze skupiny tetraterpenoidů. Hlavní zastoupení mají lutein a zeaxantin (Štiasna et al., 2014).

Geny odpovědné za produkci žlutých pigmentů jsou označovány jako *Psy1* a *Psy2*. Jsou umístěny na chromozomech homologických skupin 7 a 5 (Musilová et al., 2013).

Obsah žlutého pigmentu je v současné době nejvíce studován u pšenice tvrdé (*Triticum durum*), a to kvůli potřebě žlutých výrobků v průmyslové výrobě těstovin (Martinek et al., 2014). Nejvíce zastoupeným karotenoidem pšenice tvrdé je lutein. Jeho podíl může činit 86–94 % z celkového množství přítomných karotenoidů. Ostatní karotenoidy jsou přítomny ve velmi nízkých koncentracích, a to 3–5 % (Ficco et al., 2014b). Stupeň žlutého zbarvení zrna pšenice tvrdé a konečných produktů je ovlivněn nejen biosyntézou karotenoidů v zrně, ale i jejich degradací v průběhu zpracování. Tato degradace je způsobena oxidačními enzymy, které jsou zodpovědné za ztrátu žluté barvy, která může nastat během výroby těstovin. Důležitými enzymy z této

skupiny jsou lipoxygenázy. Degradaci karotenoidů ovlivňují také enzymy peroxidázy. Avšak tyto enzymy nevykazují aktivitu během výroby těstovin. Procento ztráty karotenoidů v průběhu výroby těstovin nepřímo souvisí s počátečním obsahem karotenoidů v pšeničné krupici. Polyfenoloxidázy katalyzují oxidaci několika fenolů, které se přirozeně vyskytují v rostlinách a obilí. Jejich aktivitou vznikají chinony, čímž dochází k tvorbě hnědých polymerů. Pokud tato hnědá barva dosáhne dostatečné úrovně, může zastírat barvu žlutou. Jelikož jsou tyto enzymy lokalizovány v aleuronové vrstvě, je nepravděpodobné, že by se podílely na enzymatickém hnědnutí konečných produktů vyrobených z krupice (Ficco et al., 2014b).

V původních odrůdách obilovin, z nichž byly vyšlechtěny ty současné, byl obsah karotenoidů vysoký. Množství se pohybovalo kolem $1000 \mu\text{g}\cdot 100 \text{g}^{-1}$. Pšenice setá obsahuje přibližně jen $200 \mu\text{g}\cdot 100 \text{g}^{-1}$. Genotypy, které obsahovaly vyšší množství těchto žlutých pigmentů, už téměř vymizely, protože jejich výnosy byly podstatně nižší, ve srovnání s pigmentovanými genotypy. V současné době je k dispozici několik žlutých odrůd pšenice ozimé a jarní. Z ozimé pšenice jsou to odrůdy Caroti, Citrus a Yellow. Odrůdy jarní pšenice jsou Luteus a Safrania. Odrůda Luteus se osvědčila i při pozdějším podzimním výsevu. Safrania je vhodná i pro výrobu sušenek a oplatek (Šulová, 2011).

Odrůdy Citrus a Luteus

V České republice byly v roce 2011 zaregistrovány odrůdy Citrus a Luteus z Německa, které obsahují karotenoidy lutein a zeaxantin (Martinek et al., 2014).

V roce 2011 bylo na Ústředním kontrolním a zkušebním ústavu zemědělském provedeno měření obsahu karotenoidů ve vzorcích pšenice ozimé Citrus a pšenice jarní Luteus. Jako srovnávací vzorek sloužila pozdní odrůda ozimé pšenice elitní Akteur. Měření probíhalo metodou HPLC. Bylo zjištěno, že hlavní podíl karotenoidů tvoří izomery luteinu, nacházely se též stopy β -karotenu. Odrůdy Citrus a Luteus obsahovaly dvakrát větší množství luteinu, než odrůda Akteur (Šulová, 2011).

Obě odrůdy splňují dle pekařské jakosti kritéria pro zařazení do třídy A - kvalitní s deklarací vysokého obsahu žlutého pigmentu. Studie z roku 2012 se zabývala hodnocením technologického užití těchto odrůd. Při laboratorní výrobě těstovin byly získány těstoviny standardní spotřebitelské jakosti. Avšak v sušeném stavu nebyl

potvrzen výrazněji žlutý odstín, ve srovnání s těstovinami z komerční potravinářské pšenice (Hrušková et al., 2012).

3.2.6 Bílé zbarvení

Pšenice s bílým zbarvením zrna bývají upřednostňovány před červenými pšenicemi na mnoha světových trzích. Největší trhy pro bílou pšenicí se nacházejí v jihovýchodní Asii a na středním východě. Zájem o ni roste také v Severní Americe (Ambalamaatil, Lukov, Malcolmson, 2006).

Zabarvení bílého zrna je podmíněno sestavou recesivních alel, které jsou označovány jako R-A1a, R-B1a a R-D1a (Martinek et al., 2012a).

Studie prokázaly, že celozrnná mouka z bílé pšenice je velmi vhodná pro mnoho pečených výrobků, od chleba až po těstoviny. Tvrdé bílé pšenice vykazují, ve srovnání s červenými, značné výhody. Jedná se například o vyšší výtěžnost mouky, jemnější nebo sladší chuť a světlejší barvu u pekařských výrobků (Ambalamaatil, Lukov, Malcolmson, 2006). Mouky z bílých pšenic mohou obsahovat více vlákniny, minerálních látek a bílkovin (Martinek et al., 2014). Zrna s bílým zbarvením mají nižší obsah hořkých fenolických složek. Jsou proto přirozeně sladší, což umožňuje snížení množství sladidla ve výrobcích. Toho se využívá v cukrářství (Martinek et al., 2006). Sladší a jemnější chuť by mohla být jejich marketingovou výhodou. Finálním výrobkům dávají bílé pšenice také světlejší barvu (Watts et al., 2011). Zrna neobsahují polyfenoloxidázu, která je u pšenice s červeným zbarvením uložena v povrchových vrstvách. Díky tomu je možné nastavit vyšší výmelnost mouky, ta pak může mít vyšší obsah vlákniny, minerálů a proteinů (Martinek et al., 2006).

Vlastnosti se u jednotlivých bílých pšenic mohou značně lišit. Ve studii z roku 2003 bylo uvedeno, že 64 vzorků bílých pšenic se lišilo v obsahu bílkovin, a to od 13,7 % do 15,0 %. Kvalita pšenic, ať už se týká mletí, míchání těsta nebo pečení, je závislá na genetických vlastnostech a na prostředí, ve kterém byly pšenice pěstovány (Ambalamaatil, Lukov, Malcolmson, 2006).

Produkce bílých pšenic v mnoha zemích roste, a to díky preferenci konečných uživatelů a ekonomickým přínosům, jako je například vyšší výtěžnost mouky. Je proto nutné genetické zlepšení odolnosti proti předsklizňovému porůstání (Liu et al., 2011).

3.3 Výroba sladu

Výroba sladu je proces, který je založen na průběhu řady změn probíhajících v zrně. Jedná se o změny vegetační, strukturální, fyzikální, chemické, biochemické a zejména enzymové (Basařová et al., 2015).

Cílem sladování zrna je přeměnit ho řízeným způsobem klíčení a hvozdění na slad, který je bohatý na enzymy a aromatické a barevné látky (Dostálek, 2012). To vše s minimálními náklady a ztrátami.

Proces výroby sladu lze rozdělit na tři základní fáze: máčení, klíčení a hvozdění. Následně je slad odkličkován, skladován a připraven na expedici (Taufarová et al., 2014).

3.3.1 Máčení

Cílem máčení je řízeným způsobem zvýšit obsah vody v zrně podle typu vyráběného sladu na 42–48 % (Pelikán, Dudáš, Míša, 2002). U českého sladu se obsah vody zvyšuje na 42–45 %, u bavorského je to pak na 46–48 % a více (Taufarová, 2014). Zvýšení obsahu vody zajistí zahájení enzymatických reakcí, které jsou nezbytné pro klíčení zrna (Pelikán, Dudáš, Míša, 2002). Dále se při máčení odstraní splavky a lehké nečistoty, zrna se omyje a vyluhují se z něj nežádoucí látky (Taufarová, 2014). Máčení je považováno za nejdůležitější krok při výrobě sladu.

Proces máčení probíhá v náduvnících, které jsou válcové, nebo čtyřhranné s kónickým dnem, aby mohlo zrno vytékat samovolně ven (Dostálek, 2012). Náduvníky byly dříve vyráběny z železobetonu či ocelového plechu, moderní typy jsou převážně z nerezavějící oceli (Basařová et al., 2015).

Používají se dva typy máčírny. První je jednodenní, kdy máčení zrna trvá maximálně 24 hodin. Namáčení i vymáčení probíhá ve stejném náduvníku. U máčírny dvoudenní, případně třídní, trvá máčení maximálně 48 nebo 72 hodin. Máčírna může být prepouštěcí nebo přečerpávací. V prepouštěcí jsou umístěny náduvníky pod sebou, zrno se tak samospádem prepustí do náduvníku dalšího dne. U přečerpávací dochází pomocí čerpadel k šetrnému přečerpávání z máčecího do vymáčecího náduvníku. V dnešní době se staví máčírny zejména dvoudenní a prepouštěcí (Kosař, Procházka, 2012).

V současné době je nejpoužívanější technologie vzdušného máčení, které probíhá ve třech krocích:

- 1. máčení – dochází ke zvýšení obsahu vody na 30–32 %. Zrno je pod vodou 2–6 hodin a pak následuje vzdušná přestávka 10–18 hodin. Probíhá dvojitá periodické odsávání oxidu uhličitého ke konci vzdušné přestávky.
- 2. máčení – obsah vody se zvyšuje na 38–42 %. Zrno je pod vodou 6–10 hodin. Oxid uhličitý je odsáván během celé vzdušné přestávky po 2–3 hodinách.
- 3. máčení – probíhá na obsah vody 42–45 %, pod vodou je zrno 4–6 hodin (Basařová et al., 2015). 2–4 hodiny probíhá okapávání zrna, následuje vymáčení za sucha nebo se s třetí vodou vymáčí do pneumatických klíčidel (Dostálek, 2012).

Dalšími typy máčení jsou máčení záplavové, opakované, sprchové a klasické (Basařová et al., 2015).

3.3.2 Klíčení

Podstatou a cílem klíčení je aktivace a syntéza široké škály enzymů. Dochází k požadovanému stupni rozluštění zrna podle typu vyráběného sladu (Pelikán, Dudáš, Míša, 2002). U českého sladu se luští na délku do poloviny až dvou třetin délky zrna. U bavorského a tmavého sladu je to do tří čtvrtin až do celé délky zrna (Taufarová, 2014).

V zrně probíhají chemické, biochemické, fyziologické, fyzikální a chemické změny, se kterými souvisejí růstové projevy a změny struktury (Basařová et al., 2015). V průběhu klíčení se rezervní vysokomolekulární látky, které jsou uloženy v zrně, působením enzymů odbourávají na rozpustné nízkomolekulární látky. Tento proces je označován jako rozluštění zrna (Kosař, Procházka, 2012).

Tvorba a aktivace enzymů je nejdůležitějším procesem v průběhu klíčení (Basařová, Čepička, 1985). Mimo aktivaci a tvorbu enzymů dochází také k látkové přeměně. Z látkových přeměn jsou nevýznamnější pochody, které se celkově označují jako rozluštění. Patří sem zejména rozrušení buněčných stěn a následné rozštěpení škrobových zrn a bílkovinných řetězců. Rozštěpení buněčných stěn je zajištěno působením enzymů, které patří do skupiny tzv. cytolytických enzymů. K nim patří např. hemicelulázy a β -glukanázy (Dostálek, 2012). Podíl škrobu se při klíčení snižuje

a dochází ke zvyšování množství cukrů. Na cukry je během sladování odbouráno asi 5–6 % škrobu (Kosař, Procházka, 2012).

Dusíkaté látky procházejí během klíčení také značnými změnami. Mění se poměr mezi jednotlivými frakcemi, ale dochází i k výraznému štěpení rezervních proteinů (Basařová et al., 2015). Bílkoviny jsou v průběhu sladování použity k výstavbě nových tkání při tvorbě kořínků a stříelky. Pro transport je proto nutná přeměna vysokomolekulárních bílkovin na rozpustné nízkomolekulární štěpné produkty. Do rozpustné formy je převedeno asi 35–40 % z celkového obsahu bílkovin. Vznikají především aminokyseliny a oligopeptidy (Prokeš, 2000). Pro posouzení stupně rozluštění bílkovin je stanovováno Kolbachovo číslo. Toto číslo udává procentuální podíl rozpustného dusíku ve sladině k veškerému dusíku ve sladu (Pelikán, Dudáš, Míša, 2002).

Mezi faktory, které ovlivňují klíčení, patří vlastnosti suroviny, obsah vody v zrně, teplota, poměr obsahu vzduchu a oxidu uhličitého v hromadách, doba klíčení, aktivita přírodních stimulatorů klíčení, ale i negativní vliv inhibitorů (Basařová et al., 2015).

Podle teplotního průběhu se uplatňuje několik typů klíčení. Jedná se o studené klíčení, kdy teplota nepřekračuje 12 °C (Kosař, Procházka, 2012). Tento postup je energeticky náročný kvůli zajištění chlazení v teplém období roku. Výhodou jsou však menší ztráty extraktu prodýcháváním. Je-li v zrně dostatečný obsah vody a délka klíčení je taktéž dostačující, mají vyrobené slady vyšší obsah extraktu, nízkou barvu a jsou enzymově bohaté (Basařová et al., 2015). Dalším používaným způsobem je klíčení při klesající teplotě. Od druhého dne se provádí postupné snižování teploty a zároveň je zvyšován obsah vody v zrně. Toho se využívá při výrobě extraktivně a enzymaticky bohatých sladů (Kosař, Procházka, 2012). Tímto postupem vyrobené slady jsou velmi rozluštěné, mají nízkou barvu, ale obvykle také i zvýšený obsah nežádoucích β -glukanů (Basařová et al., 2015). Zvyšování teploty denně asi o jeden stupeň se uplatňuje u klíčení při stoupající teplotě. Tento postup odpovídá přirozenému klíčení na humně a je méně náročný na energii (Kosař, Procházka, 2012). Posledním způsobem je klíčení se zvýšenou standardní teplotou, která se obvykle pohybuje v rozmezí 16–18 °C. Použití nízkých teplot při klíčení nám zajistí nízké ztráty způsobené dýcháním. Jedná se však o energeticky náročný způsob (Basařová et al., 2015).

3.3.3 Hvozdění

Hvozdění je poslední fází výroby sladu. Během hvozdění je inaktivováno mnoho mikroorganismů a obsah vody v zeleném sladu je snížen asi ze 43 % na 5 %. Tím se zrno stabilizuje a je možné jej dlouhodobě skladovat (Palmer, 2006). Dalším cílem hvozdění je zastavit vegetační pochody při zachování požadované enzymové aktivity a vytvořit aromatické a barevné látky (Dostálek, 2012). Je to energeticky nejnáročnější část výroby sladu a tvoří až 90 % nákladů při sladování (Kosař, Procházka, 2012).

Ve sladu dochází během hvozdění k hlubokým fyzikálním, enzymovým a chemickým změnám. (Basařová et al., 2015). Změny jsou odvislé od výše teplot, obsahu vody a rychlosti odsoušení vody. Na základě těchto faktorů se průběh hvozdění rozděluje do dvou fází. První je fáze předsoušení sladu, kdy se u světlých sladů obsah vody sníží z původních 40–45 % až na 10–12 %. Tato fáze by u světlých sladů měla probíhat při teplotách vstupujícího vzduchu max. 55 °C a za dostatečného tahu ventilátoru (Kosař, Procházka, 2012). Následuje fáze zvyšování teplot a dotahování sladu. Ta je důležitá právě pro tvorbu sensoricky, fyziologicky a redoxně aktivních látek, díky několika typům reakcí. Mezi tyto reakce patří Maillardova reakce, karamelizace a ostatní reakce neenzymového hnědnutí. Při Maillardově reakci spolu reagují redukující sacharidy s nízkomolekulárními aminosloučeninami, zejména aminokyselinami. Vznikají karbonylové a aminokarbonylové sloučeniny. Další reakcí je karamelizace. Jedná se o přeměnu samotných redukujících sacharidů za neúčasti aminosloučenin (Basařová et al., 2015).

Nižší teploty na počátku hvozdění a až následné zvyšování teplot po snížení obsahu vody je důležité také kvůli zachování enzymů. Ty jsou totiž citlivé na vyšší teploty a vyšší obsah vlhkosti (Bamforth, 2003).

Z hlediska chemických a biochemických změn, které probíhají během hvozdění, rozlišujeme fázi růstovou, enzymatickou a chemickou. V růstové fázi teplota ještě nepřekročila 40 °C a obsah vody je nad 20 %, což navozuje optimální podmínky pro další luštění zrna, růst kořínků a střílky. Fáze enzymatická probíhá při snížení obsahu vody pod 20 %. Teplota je v rozmezí 40–60 °C. Vegetační pochody se zastavují, ale enzymatické reakce dále pokračují. Při obsahu vody v zrně pod 10 % a teplotách nad 60 °C probíhá chemická fáze. Enzymové reakce jsou zastaveny. V zrně se tvoří barevné a aromatické látky (Dostálek, 2012).

3.3.4 Závěrečné úpravy sladu

Po skončení hvozďení sladu následuje několik operací, kam patří chlazení, odklíčení a vyčištění.

Jelikož má slad po ukončení hvozďení vysokou teplotu, musí se co nejrychleji ochladit, aby nedocházelo k další inaktivaci enzymů a zvyšování barvy.

Odkličování je proces, při kterém je ze sladu odstraněna střelka a 3–4 kořínky, poškozená zrna a prach. Slad se zároveň dochladí a poté je uskladněn v silech. Cenným vedlejším produktem tohoto procesu je sladový květ, což je označení pro suché kořínky a střelku. Je používán jako surovina pro drožd'árny a na přípravu léčiv, užíván je také v různých biotechnologiích a v neposlední řadě jako nutričně hodnotné krmivo (Tauférová, 2014). Je nutné jej odstranit, protože klíčky rychle a snadno vlhnou a slad by se pak obtížně skladoval. Také by mohlo dojít ke zhoršení sensorických vlastností sladu i piva. K odkličování jsou používána bubnová, šneková a pneumatická odkličovačla.

Před expedicí sladu probíhá tzv. polírování, což je čištění a leštění sladu. Dojde tak k odstranění prachu, rozdrčených zrn a slad získá pěkný vzhled a lesk (Basařová et al., 2015).

3.3.5 Pšeničné slady

Pšeničný slad je používán k výrobě pšeničných i dalších svrchně kvašených pív.

Vhodnost pšenice ke sladování je hodnocena na základě obsahu škrobu a bílkovin, důležitý je také poměr mezi obsahem amylózy a amylopektinu.

Pšeničné obilky, na rozdíl od ječmene, nemají pluchy, a proto nejsou při sladování tak dobře chráněny (Verhoef, 2003). Dále obsahují vyšší podíl dusíkatých látek a polysacharidů. Obzvláště významným parametrem je obsah arabinoxylanů a fruktózanů. Enzymové odbourávání fruktózanů je důležité pro zlepšení filtrovatelnosti pšeničných pív.

Pšenice zhoršuje průběh scezování, filtrovatelnost a koloidní stabilitu (Basařová et al., 2015). I když pšeničný slad obsahuje dostatek enzymů pro kvasný proces, používá se obvykle v kombinaci s ječmenem, čímž se docílí vyšší průzračnosti (Verhoef, 2003).

Výroba pšeničných piv je v Německu založena zejména na používání 50–80 % pšeničného sladu v sypání. V Belgii se naopak obvykle používá 60 % ječného sladu a 40 % nesladované pšenice. Slad z pšenice obecně podporuje pěnovost, proto je možné používat jeho malé množství u piv z ječného sladu se špatnou stabilitou pěny. (Basařová et al., 2010).

Odrůdy s vysokým obsahem bílkovin způsobují problémy při vaření piva. Může docházet k prodloužení doby scezování, potížím při filtraci a fermentaci a také může dojít u hotového piva ke snížení stability chuti. Z tohoto důvodu jsou pro sladování a vaření upřednostňovány odrůdy s nižším podílem bílkovin a s nízkými hodnotami viskozity (Faltermajer et al., 2014). Bílkoviny pšenice jsou jedním z hlavních faktorů, který určuje kvalitu pšeničného sladu. Výzkum prokázal, že pro dosažení kvalitního sladu, by měl být obsah bílkovin v rozmezí 12,72–13,88 %. Ideální poměr mezi nerozpustnými a rozpustnými bílkovinami pšenice by měl být 1,44–2,23 (Guo et al., 2013).

Protože je pro pšenici typický rychlejší příjem vody, je velmi citlivá na přemočení, při kterém dochází k praskání zrna. Je proto vhodné přikrápění (Klusáček, 2015). Stupeň domočení je do 43 % (Kosař, Procházka, 2012). Výmáčka musí probíhat co nejrychleji a při klíčení se používá nižší teplota (Klusáček, 2015). Ke konci je teplota zvyšována na 17–20 °C (Basařová et al., 2015). Klíčení se zkracuje na 3–4 dny. Při hvozdění se předsušuje při nižší teplotě (Klusáček, 2015). Hvozdění pšeničného sladu musí být velmi šetrné, protože se slad obtížně suší (Kosař, Procházka, 2012). Sušící fáze začíná při 40 °C a končí při teplotě 60 °C. U světlých sladů se používá dotahovací teplota 80 °C. Tmavé slady se dotahují při teplotách v rozmezí 100–110 °C. K tomu, aby bylo dosaženo typických sensorických vlastností piva, je důležitý nižší stupeň degradace bílkovin (Basařová et al., 2015).

3.4 Technologické využití barevných pšeníc

3.4.1 Pivo

Základními surovinami pro výrobu piva jsou slad, chmel, voda a pivovarské kvasinky. Výroba piva sestává ze tří základních výrobních procesů, kterými jsou výroba mladiny, hlavní kvašení mladiny a dokvašování piva a závěrečné úpravy piva.

Prvním krokem výroby mladiny je šrotování sladu. V průběhu šrotování dochází k desintegraci sladového zrna za účelem dokonalého vymletí endospermu na vhodné podíly jemných a hrubých částic (Basařová et al., 2010). Obecně by šrotování mělo být přizpůsobeno pro zařízení, které je k dispozici pro scezování (Brányik, 2012). Pro scezovací kád', která je v České republice nejvíce rozšířena, je žádoucí vyšší podíl hrubé moučky a zachování celistvosti pluch (Kosař, Procházka, 2012). Šrot s vyšším podílem jemných frakcí je vhodný pro sladinový filtr. Nejčastěji používaná zařízení pro šrotování jsou dvou až šestiválcové šrotovníky (Brányik, 2012). Účelem tohoto mechanického rozrušení zrna je zpřístupnění extraktivních látek ve sladu a zrychlení jejich rozpuštění ve vodě.

Následujícími kroky jsou vystírání a rmutování. Podstatou vystírání je dokonalé smíchání pošrotovaného sladu s varní vodou. K dosažení dobrého varního výtěžku je nutné převést do roztoku co největší množství rozpustných látek. Množství rozpuštěných látek je ovlivněno sypaním a objemem vody v hlavním nálevu (Basařová et al., 2010).

V průběhu rmutování probíhají poměrně složité enzymatické reakce, které vedou k získání požadovaného podílu extraktu sladu v roztoku. Toho je docíleno pomocí sladových enzymů, které štěpí vysokomolekulární látky sladu (Brányik, 2012). Pouze menší část extraktu (15–17 %) je přímo rozpustná a během rmutování se do vody vylouží jen díky účinku míchání a zvýšené teploty (Kosař, Procházka, 2012). Důležitými látkami, které se dostávají ze sladu do roztoku a jsou významné pro další technologický postup a kvalitu piva, jsou zejména zkvasitelné cukry. Nejdůležitějším procesem při rmutování je štěpení škrobu za působení amylolytických enzymů (Basařová et al., 2010). Dále dochází ke štěpení bílkovin, hemicelulóz a ostatních látek na jejich rozpustné nízkomolekulární složky. Při rmutování je škrob štěpen na zkvasitelné cukry, kterými jsou glukóza, maltóza a maltotrióza a na dextriny (Brányik, 2012). V zásadě jsou používány dva typy rmutování, a to dekokční způsob

a infuzní způsob. Dekokční způsob spočívá v odčerpání části vystírky z vystírací kádě do rmutovací pánve. Tam dojde k zahřátí přes nižší a vyšší cukrotrnou teplotu a následnému povaření. Poté se rmut opět vrátí do vystírací kádě. Tím dojde v kádi k požadovanému navýšení teploty. Proces se následně opakuje podle druhu použitého postupu (Brányik, 2012). Existují postupy jednorumtové, dvourumtové a třírumtové. Klasický dvorumtový způsob je typický pro výrobu světlých piv plzeňského typu při zpracování středně rozluštěných sladů (Kosař, Procházka, 2012). Podstatou infuzního rmutování je postupné zahřívání celého objemu vystírky v jedné nádobě (Brányik, 2012). Je tak zajištěno rozpuštění a štěpení extraktu sladu s dlouhodobějším účinkem sladových enzymů bez povařování rmutů. Tento postup je podstatně kratší než dekokční rmutování. Je také energeticky méně náročný (Basařová et al., 2010). Takto vyrobená piva jsou světlejší a mají méně výraznou chuť. Pro dosažení vysokého varního výtěžku je důležité zpracovávat dokonale rozluštěný slad s vysokou enzymatickou aktivitou (Kosař, Procházka, 2012). Infuzního rmutování je používáno zejména pro výrobu svrchně kvašených piv a nízkoalkoholických piv (Basařová et al., 2010).

Po rmutování probíhá scezování díla, které sestává ze dvou kroků. Napřed se oddělí tzv. předek, což je roztok extraktu sladu, který se vytvořil během rmutování. Poté následuje vyslazování, při němž je mláto promýváno horkou vodou. Tím se získá zředěná sladina, která se shromažďuje společně s předkem (Brányik, 2012; Kosař, Procházka, 2012). Cílem scezování je tedy získat čirou sladinu a co největší množství extraktu (Basařová et al., 2010). Ke scezování je používána scezovací kád' nebo sladinový filtr.

Výsledkem scezování a vyslazování je sladina, která se vaří s chmelem v mladinové pánvi po dobu 90–120 minut, u moderních systémů 65–80 minut. V průběhu chmelovaru dochází k celé řadě fyzikálně-chemických změn, které stabilizují koncentraci a složení mladiny (Kosař, Procházka, 2012). Mají také vliv na následné technologie a vlastnosti piva (Tauferová et al., 2014). Cílem chmelovaru je odpaření přebytečné vody a těkavých látek, inaktivace enzymů, sterilace mladiny a inhibice reziduální mikroflóry, koagulace vysokomolekulárních dusíkatých látek, rozpuštění a izomerace hořkých látek obsažených v chmelu, vytvoření produktů Maillardovy reakce, tvorba redukujících látek, zajištění oxidačních reakcí a zvýšení acidity (Basařová et al., 2010).

Mladina je následně zbavena hrubého kalu. K tomu je často používána vířivá kád', kde se kal usazuje na dně nádoby. Poté je nutné mladinu zchladit na zákvasnou teplotu (Brányik, 2012). Při ochlazení se mladina zároveň provzdušní. Chlazení musí probíhat za podmínek, které neumožní rozvoj mikroorganismů a vyloučí tak biologické nebezpečí (Basařová et al., 2010).

Pro kvašení jsou používány dva základní druhy kvasinek (Brányik, 2012). Spodní kvasinky slouží pro výrobu piva plzeňského typu. Kmen pro spodní kvašení se nazývá *Sacharomyces carlsbergensis* (Taufarová et al., 2014). Pro spodní kvasinky je charakteristické vytváření tzv. deky, což je vrstva pěny na povrchu piva. Tím se chrání před kontaminací cizími kvasinkami. Pěna také na povrch vynáší různé nečistoty a vysrážené hořké látky. Měla by se proto sbírat, aby nedošlo k jejímu propadnutí a následnému poškození kvality piva (Hasík, 2013). Svrchní kvasinky slouží pro výrobu piv typu ale, porter a stout. (Brányik, 2012). Kmen pro svrchně kvašená piva je *Sacharomyces cerevisiae*. Tyto kvasinky zpravidla vytvářejí na povrchu mladého piva vrstvu kvasnic, které je pak možné sbírat pro další použití (Hasík, 2013). Při spodním kvašení se v tradiční výrobě uplatňují teploty v rozmezí 5–9 °C. Svrchní kvašení probíhá za teplot 15–22 °C (Basařová et al., 2010).

Hlavní kvašení probíhá obvykle v otevřených kádích (Brányik, 2012). Dochází při něm k neúplné přeměně zkvasitelných cukrů mladiny na ethanol, oxid uhličitý a další vedlejší metabolity (Taufarová et al., 2014). V malé míře se objevují například vyšší alkoholy a estery, které jsou vítány u piv typu ale a weizen, u jiných piv jsou naopak nežádoucí (Hasík, 2013). Při dokvašování a zrání mladého piva probíhá pomalé zkvašování zbývajících sacharidů při nízkých teplotách, nasycení oxidem uhličitým a zároveň vyčiření a dosažení optimálních organoleptických vlastností piva (Kosař, Procházka, 2012). Při tradiční výrobě pivo dokvašuje a zraje v ležáckých ocelových tancích v ležáckých sklepech při teplotě 0–2 °C (Taufarová et al., 2014). Pro svrchně kvašená piva je specifické dokvašování a zrání v lahvích (Basařová et al., 2010).

Po ukončení zrání piva následují jeho tzv. závěrečné úpravy, kterými jsou filtrace a pasterace. Při výrobě piva v minipivovarech tyto úpravy obvykle neprobíhají (Brányik, 2012).

Pšeničná piva

Pšeničná piva jsou vyráběna jen částečně nebo zcela z pšeničného sladu. Jejich podíl má vliv na chuť, barvu a čirost piva (Hasík, 2013). Je pro ně charakteristické svrchní kvašení při relativně vysokých teplotách. Pro mnohá piva je typická chuť po hřebíčku, což je zapříčiněno tvorbou kvasinkových metabolitů během fermentace (Boulton, Quain, 2001). Jedná se zejména o 4-vinylfenol a 2-methoxy-4-vinylfenol. U spodně kvašených piv jsou tyto příchutě nežádoucí. Naopak u pšeničných piv se hledají možnosti, jak pomocí genových úprav kvasničných kmenů obsah těchto látek navýšit. Typický zákal pšeničných piv způsobují pšeničné bílkoviny. Obvykle bývá požadován silný a stabilní zákal, který lze ovlivnit sladováním pšenice. Bílkoviny mají dále pozitivní vliv na stabilitu pěny (Basařová et al., 2015).

Piva, do kterých jsou přidávány pšeničné slady, se nejvíce vyrábějí zejména na jihu Německa. Vzhledem k tomu, že se pšeničné pivo těší čím dál větší oblibě a jeho produkce se za posledních 20 let téměř zdvojnásobila, je kladen větší důraz na provádění výzkumů na pšenici pro sladařství a pivovarnictví. Hledají se nové odrůdy, které vyhovují požadavkům na sladovnický a varní proces (Faltermajer et al., 2014).

3.4.2 Cereální mléko

V posledních letech se zvýšil zájem o zdravé funkční potraviny. Ze strany spotřebitelů se zvedla poptávka o cereální nápoje, což vedlo k rozsáhlému výzkumu v této oblasti.

Cereální mléko je vyráběno z celých zrn. Zrna se mechanicky rozruší za vzniku sypké směsi. Směs se smíchá s vodou v takovém poměru, aby vznikla hustá kaše. Dalším krokem je podle Deswala přidání potravinářské α -amylázy. Následným krokem je zahřívání směsi. Poté se provádí filtrace, při které se oddělí pevná a kapalná frakce (Deswal, Deora, Mishra, 2014).

3.4.3 Cereální tyčinky

Běžné cereální tyčinky se vyrábí z hrubé směsi mouky a ovesných vloček. Receptura obvykle zahrnuje i kousky sušeného ovoce nebo oříšky. Jednotlivé složky se slepují horkým cukerným sirupem. Pro dosažení křupavosti výrobku se tyčinky dopékají v běžných pekařských pecích (Burešová, Lorencová, 2013).

4 MATERIÁL A METODIKA

V rámci praktické části diplomové práce byly nejprve vyrobeny slady z několika druhů barevných pšeníc. Jednalo se o barevné pšenice s modrým, purpurovým a žlutým zabarvením. Vyroben byl také slad z klasické pšenice. Slady byly následně použity k výrobě několika produktů.

Z jednotlivých druhů sladů byla uvařena piva v kombinaci s ječným sladem. Dále byla zhotovena cereální mléka, k jejichž výrobě byl použit i nesladovaný oves. Posledním výrobkem byly cereální tyčinky, k jejichž výrobě byl taktéž použit nesladovaný oves a ovesné vločky.

U hotových produktů bylo provedeno senzorické hodnocení, u piv a cereálních mlék byl navíc proveden rozbor pomocí kapalinové chromatografie.

4.1 Znaky obilní masy

K výrobě sladů byly použity 4 druhy pšeníc. U všech druhů pšeníc použitých k výrobě sladů bylo stanoveno několik následujících parametrů:

- hmotnost tisíce zrn (HTZ)
- objemová hmotnost
- vlhkost
- sklovitost
- obsah škrobu
- obsah dusíkatých látek
- klíčivost

Každé stanovení bylo provedeno dvakrát a z naměřených výsledků byl vypočítán aritmetický průměr, který byl uveden jako konečný výsledek.

Hmotnost tisíce zrn – z každého vzorku obiloviny bylo odpočítáno 1000 zrn, která byla následně zvážena s přesností na 1 desetinné místo.

Objemová hmotnost – stanovení objemové hmotnosti bylo prováděno na litrovém obilním zkoušeči.

Vlhkost – s přesností na 4 desetinná místa bylo od každého vzorku naváženo 5 g šrotu. Šrot byl v kovové misce vložen do sušárny, která byla nastavena na teplotu 130 °C,

a probíhalo sušení po dobu 60 minut. Po uplynutí stanovené doby byl vzorek vychlazen a následně zvážen.

Sklovitost – stanovení sklovitosti bylo prováděno přístrojem diafanoskop, kde byla zrna prosvěcována. Sklovitá zrna jsou ta, která jsou průsvitná nebo poloprůsvitná.

Obsah škrobu – používanou metodou pro zjištění obsahu škrobu je tzv. Ewersova metoda. Do 100ml odměrné baňky bylo kvantitativně vloženo 5 g jemného šrotu a k tomu bylo přidáno 25 ml Ewersovy kyseliny, což je HCl o koncentraci 1,124 %. Po promíchání bylo přidáno dalších 25 ml kyseliny. Poté byla baňka na 15 minut vložena do vroucí lázně. Po vyjmutí z lázně bylo do baňky přidáno 30 ml studené destilované vody a obsah baňky byl zchlazen na laboratorní teplotu. Potom bylo provedeno vyčiření pomocí roztoků Carrez I a II. Obsah baňky byl zfiltrován a čirý filtrát měřen na polarimetru.

Výpočet obsahu škrobu:

$$\text{obsah škrobu [\%]} = \frac{100 \cdot \alpha}{l \cdot \alpha \cdot d}$$

α – průměrná hodnota odečtených stupňů na polarimetru

l – délka polarizační trubice v dm

αd – specifická otáčivost škrobu za použití sodíkové lampy o vlnové délce světla 589,3 nm (pšeničný škrob 182,7)

Obsah dusíkatých látek – postup stanovení podle Kleckerové (2014): Nejčastější používanou metodou je metoda dle Kjeldahla. Do Kjeldahlovy baňky, která má objem 500 ml, se naváží 5 g šrotu vzorku. Přidá se 1 ml roztoku síranu měďnatého, 15 g síranu draselného, 25 ml koncentrované kyseliny sírové a 5 až 10 varných kamínků. Obsah baňky se promíchá a zahřívá na mírném plameni po dobu přibližně 20 minut. Na dobu 15 minut se plamen zvýší, aby byly spáleny všechny organické látky. Tímto postupem se získá obsah baňky, který je úplně čirý. Následně se opět zahřívá po dobu 1 hodiny. Baňka se vychladí na pokojovou teplotu a obsah je zředěn přidáním 300 ml vody. Pak se přidá 75 ml hydroxidu sodného. Baňka se připojí k destilační aparatuře. Konec chladiče je ponořen do baňky, kde je 50 ml kyseliny borité. Ta slouží k vychytávání uvolněného amoniaku. V destilaci se pokračuje tak dlouho, dokud nezačne obsah baňky nepravidelně vřít, pak se baňka odpojí. Konec chladiče se destilovanou vodou opláchne

do předlohy. Obsah předlohy je následně titrován odměrným roztokem kyseliny sírové na metylčerveně nebo Tashirův indikátor do růžovofialového zbarvení.

Klíčivost – ke stanovení klíčivosti byly použity Petriho misky. Do nich byl vložen filtrační papír, který byl provlhčen destilovanou vodou. Na něj byla rovnoměrně rozložena zrna pšenice rýhou dolů. Misky byly přikryty a umístěny do tmy, okolní teplota byla 20 °C. Následně byl spočítán počet obilek, které vyklíčily během 120 minut.

4.2 Výroba sladu

Slady byly vyrobeny ze čtyř druhů pšenic. Kromě klasické ozimé pšenice byly použity pšenice barevné. Konkrétně se jednalo o odrůdu KM 618-14 s purpurovým perikarpem, Skorpion s modrým aleuronem a o odrůdu Citrus se žlutým endospermem. Výroba sladů probíhala v mikroskladovně Mendelovy univerzity.

Mikroskladovna typu M-3BX byla vyrobena firmou Ravoz spol. s. r. o. se sídlem v Olomouci. Toto zařízení slouží k mikroskladování obilí a ke stanovení vhodnosti obilí pro výrobu sladu a ke zjištění jeho chování během sladování při různých postupech.

Zařízení mikroskladovny se skládá ze tří nerezových skříní (skříň pro máčení, klíčení a hvozdění), řídicího rozvaděče a počítače s tiskárnou, který slouží pro sběr dat a pomocí něhož jsou řízeny veškeré sladovací procesy.

Jednotlivé skříně jsou vybaveny osmi nerezovými vzorkovnicemi, jejichž dno je děrované a odnímatelné. Vzorkovnice jsou pro všechny tři skříně stejné. Jeden vzorkovnice pojme 1 kg zrna. Skříně jsou chráněny izolací proti tepelným ztrátám a okolní teplotě. Skříň pro máčení a klíčení disponuje ohřevem a chlazením, skříň pro hvozdění je vybavena pouze zařízením pro ohřev. Řídicí rozvaděč se nachází v blízkosti sladovacích skříní. Počítačem jsou řízeny a zaznamenávány probíhající procesy, díky tomu je možné stanovit a monitorovat podmínky sladování i na dálku.

Do vzorkovnic byly nejprve naváženy jednotlivé druhy pšenic. Každý druh byl sladován odděleně, při samostatném sladovacím procesu. Sladování probíhalo u všech odrůd stejně. Po vložení vzorkovnic do první skříně byl spuštěn program řídicí průběh sladování. Pro každou fázi výroby sladu byla použita jedna z výše uvedených skříní. Nejprve bylo zrno během procesu máčení po dobu 48 hodin střídavě pod vodou a střídavě provzdušňováno. Vše probíhalo při teplotě 13 °C. Následně byly vzorkovnice přesunuty do druhé skříně, kde probíhalo klíčení, které trvalo 6 dnů při teplotě 13 °C.

Vzorky byly dvakrát denně skrápěny vodou. Ve třetí skříní probíhalo hvozdnění, trvalo 24 hodin. Průběh celého sladovacího procesu je uveden v přílohách č. 4, 5, 6. Po ukončení hvozdnění a vychladnutí sladu bylo provedeno odstranění sladového květu na zařízení pro odkličkování.

4.3 Znaky sladu

U vyrobených sladů bylo, podobně jako u obilní masy, stanoveno několik následujících parametrů:

- hmotnost tisíce zrn (HTZ)
- objemová hmotnost
- vlhkost
- sklovitost
- obsah škrobu
- obsah dusíkatých látek
- doba zcukření sladiny
- doba ztékání sladiny
- extrakt sladiny
- extrakt sladu
- senzorické hodnocení sladiny

Každé stanovení bylo provedeno dvakrát a z naměřených výsledků byl vypočítán aritmetický průměr, který byl uveden jako konečný výsledek.

Postup stanovení HTZ, objemové hmotnosti, vlhkosti, sklovitosti, obsahu škrobu a obsahu dusíkatých látek je stejný jako u nesladovaného zrna. Postupy jsou popsány výše.

Do vytárované rmutovací kádinky bylo naváženo 50 g šrotu sladu, přidáno 200 ml vodovodní vody o teplotě 45 °C a po promíchání byla rmutovací kádinka vložena do rmutovací lázně, která byla předem vyhřátá na 45 °C. Rmutování probíhalo 30 minut. Následně byla během 25 minut zvýšena teplota na 70 °C a do rmutovacích kádinek bylo přidáno 100 ml vody ohřáté na 70 °C. Rmutování poté probíhalo 60 minut. Kádinka byla následně ochlazena, osušena a dovážena destilovanou vodou na konečnou

hmotnost 450 g. Obsah kádinky byl promíchán a zfiltrován přes pláténko. Prvních 100 ml sladiny bylo vždy vráceno zpět na pláténko.

Doba zcukření – od dosažení teploty 70°C, po 5–10 minutách, bylo provedeno stanovení doby zcukření. Na křidu byla kápnuta kapka rmutu a kapka jódu. Odbarvení jódu svědčilo o rozložení škrobu. Optimální doba zcukření se pohybuje v rozmezí 10–15 minut.

Doba ztékání – během filtrace byla měřena doba ztékání sladiny, což je doba, za kterou je sladina zfiltrována. Filtrace by neměla trvat déle než 60 minut.

Extrakt sladiny – stanovení extraktu (hustoty sladiny) bylo prováděno pyknometricky. Nejprve byl na 4 desetinná místa zvážen pyknometr s destilovanou vodou a následně pyknometr s čistou sladinou. Hustota byla pak vypočítána podle vztahu:

$$\rho = \frac{\text{hmotnost pyknometru se sladinou}}{\text{hmotnost pyknometru s vodou}}$$

Ve sladařských tabulkách byla zjištěna hodnota odpovídající hustotě sladiny, která byla vyjádřena v %.

Extrakt sladu – extrakt sladu byl vypočítán ze zjištěných hodnot podle vztahu:

$$E = \frac{(800 + a) \cdot b}{100 - b}$$

Při přepočtu na sušinu sladu:

$$E_{suš} = \frac{E \cdot 100}{100 - a}$$

a – vlhkost sladu v %

b – extrakt ve sladině v %

Senzorické hodnocení sladiny – u vyrobených sladin bylo provedeno senzorické hodnocení, které zahrnovalo hodnocení barvy, vůně a chuti.

4.4 Výroba piva

Piva byla vařena z vyrobených pšeničných sladů v kombinaci s ječným sladem plzeňského typu, a to v poměru 60:40. Celkově byly vyrobeny 4 druhy piv z jednotlivých pšeničných sladů. Piva byla vařena infuzním způsobem v zavařovacím hrnci v laboratoři. Všechna piva byla vyráběna za použití stejných postupů. Jedná se o piva svrchně kvašená, nefiltrovaná a nepasterovaná.

Prvním krokem bylo navážení připravených sladů a následné šrotování na šrotovacím zařízení. Konkrétní sypání činilo 1,08 kg pšeničného sladu a 0,72 kg ječného sladu. Následně byl slad vystřen do vody o teplotě 39 °C a probíhalo rmutování. Objem vystírací vody byl 7,2 litrů.

Postup rmutování: 39 °C – 10 minut

52 °C – 30 minut

62 °C – 30 minut

72 °C – 30 minut

82 °C – 5 minut

Po uplynulých 30 minutách při teplotě 72 °C byla prováděna zkouška jódem, kterou bylo zjištěno, zda je veškerý škrob rozložen. Kapka roztoku byla smíchána s kapkou jódu. Modré zbarvení svědčilo o přítomnosti škrobu, a tedy o jeho neúplném rozkladu, neboť škrob se barví jódem modře. Pokud nedošlo k zbarvení, škrob byl rozložen.

Po ukončení procesu rmutování probíhalo scezování a vyslazování. Roztok z hrnce byl přelit do plastové nádoby s kovovým sítím na dně a následujících 20 minut probíhala sedimentace, aby došlo k dokonalému scezení. Po scezení bylo přidáno 12 litrů vyslazovací vody o teplotě 85 °C. Sladina byla následně přendána opět do zavařovacího hrnce, kde byla vařena s chmelem.

Chmelovar trval 90 minut. Byl použit chmel Mandarina ve formě chmelových granulí s obsahem alfa hořkých kyselin 8,2 %. Na začátku chmelovaru byly nadávkovány 4 g chmele, po uplynutí 30 minut opět 4 g chmele a 5 minut před koncem chmelovaru 2 g chmele.

Vzniklá mladina byla rozmíchána vařečkou a 15 minut stála, aby došlo k usazení kalů. Potom byla mladina přečerpána do kvasné nádoby, kde byla zchlazena za použití chladiče na zákvasnou teplotu, která byla přibližně 20 °C. Extrakt původní nezakvašené

mladiny byl měřen pomocí univerzálního refraktometru Brix, který je vybavený stupnicí 0–20 °Bx. Přesnost měření činí 0,1 %.

Před samotnou aplikací kvasinek byla mladina provzdušněna pomocí vařečky. Pro kvašení byly použity kvasinky svrchního kvašení, které jsou speciálně určené pro výrobu pšeničných piv, konkrétně BrewMaster Wheat Beer Yeast. Kvašení probíhalo 1 týden při laboratorní teplotě. Poté bylo pivo stočeno do lahví a 3 týdny zráló při teplotě 5 °C. Při stáčení piva do lahví k němu byla přidána mladina, která byla po uvaření uchovávána v mrazáku, aby bylo pivo dostatečně nasyceno. U piv bylo provedeno senzoričké hodnocení a rozbor pomocí kapalinové chromatografie.

4.5 Výroba cereálního mléka

Výchozími surovinami pro výrobu cereálních mlék byly vyrobené pšeničné slady a surový nesladovaný oves, který byl použit pro jeho vhodné nutriční vlastnosti. Pro výrobu byly zvoleny dva postupy, a to výroba cereálního mléka za použití rmutovací lázně a výroba cereálního mléka za studena. Celkem tedy bylo zhotoveno 8 vzorků cereálních mlék, které byly následně podrobeny senzoričkému hodnocení a rozboru kapalinovou chromatografií.

4.5.1 Cereální mléko vyrobené rmutováním

Zrna sladů a surového ovsa byla nejprve pomleta na elektrickém kávovém mlýnku. Tímto postupem byl získán jemný šrot. Do rmutovacích kádinek byly naváženy šroty jednotlivých druhů sladů a k nim přidán šrot nesladovaného ovsa. Bylo použito 40 g šrotu od každého sladů a 40 g šrotu ovsa. Ke vzniklé směsi bylo přidáno 450 ml vody ohřáté na 65 °C. Směs šrotů a vody byla následně promíchána a kádinky byly vloženy do rmutovací lázně, která byla vyhřátá na teplotu 65 °C. Rmutování probíhalo za stálého míchání 30 minut. Po ukončení rmutování byly roztoky zchlazeny na laboratorní teplotu a scezeny do kádinky přes kovové síto s velikostí otvorů 0,315 mm. Takto bylo vyrobeno přibližně 350 ml nápoje, který byl následně senzoričce ohodnocen.

4.5.2 Cereální mléko vyrobené za studena

Postup výroby byl obdobný jako u předchozího způsobu rmutováním. Taktéž bylo naváženo 40 g šrotu od každého sladů a smícháno se 40 g šrotu surového ovsa. Ke směsi bylo přidáno 450 ml studené vody a následně bylo vše důkladně promícháno. Bez

rmutování byl roztok rovnou scezen přes stejné síto do kádinky. Nakonec byla také provedena senzorická analýza.

4.6 Výroba cereálních tyčinek

Surovinami pro výrobu tyčinek byly vyrobené pšeničné slady, nesladovaný oves a jemné ovesné vločky. Byly vyrobeny dva typy tyčinek. První typ byl vyroben z pšeničných sladů s přidavkem ovsá a druhý typ s přidavkem ovesných vloček. Bylo tedy vyrobeno 8 vzorků tyčinek.

Nejprve bylo do rmutovacích kádinek naváženo 100 g na hrubo pošrotovaných jednotlivých pšeničných sladů a k nim přidáno 200 ml vody o teplotě 65 °C. Vzniklá hustá tekutina byla promíchána a vložena do rmutovací lázně zahřáté na teplotu 65 °C. Rmutování probíhalo 30 minut. V polovině rmutování bylo do čtyř kádinek s jednotlivými šroty sladů přidáno 70 g celých zrn nesladovaného ovsá, do dalších čtyř byly nasypány jemné ovesné vločky, taktéž 70 g. Po ukončení rmutování bylo do každé kádinky přisypáno 40 g hrozeček a 5 g lískových ořechů. Vzniklé husté směsi byly promíchány a přeneseny do alobalových formiček a takto byly sušeny v sušárně nejprve při teplotě 130 °C 3 hodiny, následně při teplotě 150 °C 1 hodinu. Po vychladnutí výrobků byla provedena senzorická analýza.

4.7 Senzorické hodnocení

Pro senzorické hodnocení jednotlivých výrobků byla použita metoda grafické nestrukturované stupnice. Stupnici představuje úsečka o délce 100 mm, na kterou je zaznamenáván výsledek pomocí znaménka (Jarošová, 2001).

Senzorickou analýzu každého výrobku provádělo 10 hodnotitelů. Výsledky byly následně zprůměrovány, zpracovány do tabulky a znázorněny pomocí paprskového grafu.

4.8 Chromatografické stanovení

U vzorků cereálních mlék byly pomocí kapalinové chromatografie stanoveny sacharidy, u vzorků piv byly stanoveny sacharidy a alkohol. Stanovení u každého vzorku bylo provedeno dvakrát a naměřené výsledky byly zprůměrovány. Rozbor vzorků probíhal za pomoci vysokotlaké kapalinové chromatografie (HPLC), na sorbentu Ostion, což je

kopolymer styrenu a divinyl-benzenu s funkčními skupinami $-SO_3H$ v H nebo Ca cyklu. Přístroj sestává z dvoupístové pumpy LCP 400, dávkovacího ventilu D, termostatu kolon LCO 101, kolony od firmy Labio, diferenčního refraktometrického detektoru RIDK-102. Vyhodnocení probíhalo v programu Clarity. K úpravě vzorků byla použita laboratorní odstředivka Hobbolab 2110.

Podmínky stanovení:

- Kolona: ocelová 8x250 mm Watrex
- Náplň kolony: Ostion LG KS 0800 H⁺
- Teplota kolony: 50 °C
- Mobilní fáze: 0,05 M H₂SO₄
- Průtok mobilní fáze: 0,5 ml/min
- Nástřik: 5 µl
- Tlak: 6,7 MPa
- Detekce: refraktometrická
- Citlivost detektoru: 0,32

4.9 Statistické vyhodnocení

Zjištěné výsledky byly statisticky zpracovány v programu Statistica 12. Nejprve byly zjištěny základní charakteristiky, jako průměr a směrodatná odchylka od průměru. U jednotlivých vzorků od každého výrobku byly porovnávány deskriptory, jež byly sensoricky hodnoceny. Hladina významnosti byla zvolena jako $\alpha = 0,05$. Rozdíly mezi jednotlivými vzorky, které byly vyrobeny z různých sladů, byly zjišťovány tzv. mnohonásobným porovnáváním. Nejprve bylo testováno, zda mají výběry dat normální rozdělení, poté byla zjišťována homogenita rozptylu. Po splnění obou podmínek byla provedena Anova. Při nesplnění jedné z podmínek probíhalo testování pomocí Kruskal-Wallisova testu. K porovnání skupin mlék vyrobených rmutováním a mlék vyrobených za studena a k porovnání tyčinek se surovým ovsem a ovesnými vločkami byl použit dvouvýběrový nepárový test.

5 VÝSLEDKY A DISKUSE

5.1 Vyhodnocení obilní masy

Tabulka č. 1 Vyhodnocení obilní masy

	Pšenice klasická	Pšenice modrá (Skorpion)	Pšenice purpurová (KM 618-14)	Pšenice žlutá (Citrus)
HTZ [g]	42,5	41,6	42,2	42,6
Objemová hmotnost [g·l⁻¹]	736,4	765,5	791,5	742,7
Vlhkost [%]	11,2	11,7	11,7	10,9
Sklovitost [%]	20	21	19	19
Obsah škrobu [%]	64,7	65,1	64,9	64,9
Obsah dusíkatých látek [%]	12,1	13,4	12,9	13,3
Klíčivost [%]	91	92	93	90

Na hodnotu HTZ má vliv odrůda, podmínky ročníku a čištění (Zimolka, 2005). Podle Prugara (2008) by se hodnoty HTZ u odrůd potravinářské pšenice měly pohybovat v rozmezí 40–50 g. Toto kritérium splňují všechny použité odrůdy pšenice.

Objemová hmotnost je ukazatelem mlynářské jakosti a souvisí s výtěžností mouky. Je ovlivněna pěstitelskými podmínkami, ročníkem, zdravotním stavem, polehlostí a odrůdou (Zimolka, 2005). Objemová hmotnost potravinářské pšenice by měla být dle normy ČSN 46 1100 minimálně 76 kg·hl⁻¹, což splňují pouze odrůdy Skorpion a KM 618-14.

U všech obilovin by se kritická vlhkost měla pohybovat v rozmezí 14,5–15,5 %. Zvláště výrazně se projevuje při teplotě zrna nad 15 °C. Vyšší vlhkost zrna vede k rozvoji mikroorganismů, obzvláště plísní (Zimolka, 2005). Podle Prugara (2008) má být vlhkost pšenice nejvýše 14,5 %. Vlhkost potravinářské pšenice dle normy ČSN 46 1100 je maximálně 14 %. Vlhkost všech použitých odrůd pšenice se pohybuje okolo hodnoty 11 %. Všechny tedy splňují požadavek na maximální procento vlhkosti zrna.

Největší podíl ze všech sacharidů zrna zaujímá škrob. Jeho obsah v zrně pšenice se pohybuje dle Prugara (2008) v rozmezí 60–70 %. Tento požadavek splňují všechny odrůdy.

Faltermaier et al. (2014) uvádí, že obsah bílkovin pšenice se pohybuje v rozmezí 6–20 %, v závislosti na odrůdě. Obsah dusíkatých látek potravinářské pšenice je dle normy ČSN 46 1100 minimálně 11,5 %. To splňují všechny odrůdy pšenice. Odrůdy barevných pšenic mají množství dusíkatých látek přibližně 13 %. Klasická pšenice obsahuje pouze 12 % dusíkatých látek.

5.2 Vyhodnocení sladu

Tabulka č. 2 Vyhodnocení sladu

	Pšenice klasická	Pšenice modrá (Skorpion)	Pšenice purpurová (KM 618-14)	Pšenice žlutá (Citrus)
HTZ [g]	39,5	39,3	37,6	39,5
Objemová hmotnost [g.l⁻¹]	635,4	644,5	689,5	639,8
Vlhkost [%]	4,7	4,7	4,5	4,6
Sklovitost [%]	2	2	0	1
Obsah škrobu [%]	62,1	61,1	61,2	61,1
Obsah dusíkatých látek [%]	11,7	13,1	12,5	12,8
Doba zcukření sladiny [min]	do 10	do 10	do 10	do 10
Doba stékání sladiny [min]	do 60	do 60	do 60	do 60
Extrakt sladiny [%]	5,1	5,3	5,2	5,8
Extrakt sladu [%]	45,4	47,3	46,2	51,9

V důsledku sušení zrn v průběhu sladování se snížila jejich HTZ. Čím nižší jsou u sladu hodnoty HTZ, tím lépe bylo zrně během sladovacího procesu rozluštěno.

Rozdíl v objemové hmotnosti původního zrna a sladu je přisuzován kvalitě rozluštění zrna (Psota, Vejražka, 2006). Čím více je slad rozluštěn, tím je jeho objemová hmotnost nižší. Rozdíl mezi objemovou hmotností původního zrna a sladu je přibližně 100–150 g.l⁻¹.

Vlhkost vyrobeného sladu je podstatně nižší než u původního materiálu. To je způsobeno cíleným snižováním vlhkosti zrna v průběhu hvozdění. V případě klasické

pšenice byla vlhkost snížena o 58,04 %, u odrůdy Skorpion byla vlhkost snížena o 59,83 %, u odrůdy KM 618-14 o 61,54 % a u odrůdy Citrus byla vlhkost snížena o 57,80 %. Faltermaier et al. (2014) uvádí, že vlhkost pšeničného sladu by se měla pohybovat v rozmezí 4,5–5 %. Toto kritérium splňují všechny vyrobené slady.

Množství obsahu škrobu a dusíkatých látek je u vyrobených sladů o něco nižší než u původního zrna. Důvodem jsou procesy, ke kterým dochází během klíčení zrna. V průběhu klíčení dochází ke štěpení škrobových zrn a bílkovinných látek. Obsah bílkovin pšeničného sladu by měl být dle Faltermaier et al. (2014) 11,0–13,0 %, což splňují tři vyrobené slady. U odrůdy Skorpion je obsah bílkovin 13,1 %.

Optimální doba zcukření sladu je 10–15 minut. Všechny vyrobené slady splňují tento požadavek, neboť jejich zcukření proběhlo do 10 minut.

Jestliže doba ztékání sladiny je více než 60 minut, pak se toto ztékání označuje jako pomalé. U všech sladů se sladina zfiltrovala dříve než za 60 minut.

Extrakt pšeničného sladu by měl být dle Faltermaier et al. (2014) vyšší než 83 %. Ani jeden ze vzorků toto kritérium nesplňuje. Vyrobené pšeničné slady mají výrazně nižší extrakty, než je obvyklé nebo mohlo dojít k chybě při stanovení, neboť pyknometrická metoda je velmi citlivá.

Senzorické hodnocení sladiny

Všechny vyrobené sladiny byly lehce opalizující, měly typickou nahnědlou barvu, vůně byla typická bez cizích vůní a chuť byla typická, příjemně nasládlá.

5.3 Vyhodnocení pív

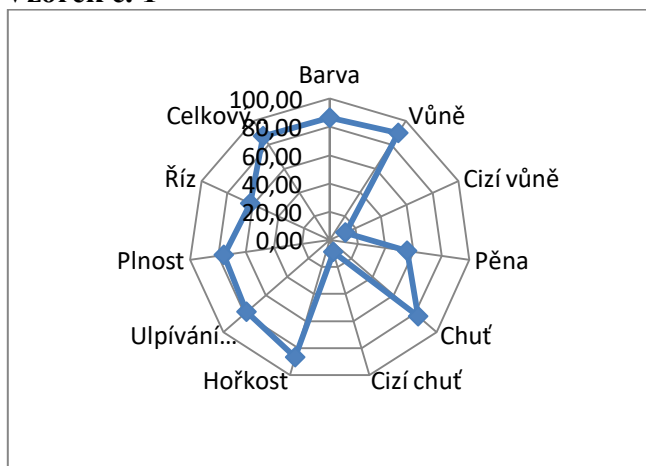
Extrakt původní nezakvašené mladiny vyrobených pív byl 10 %. Faltermaier et al. (2014) však uvádí, že extrakt pšeničných pív by měl být 11,8–14 %. Hořkost by se měla dle Faltermaier et al. (2014) pohybovat v rozmezí 10–15 IBU. U vyrobených pív byla hořkost určena na základě použitého množství chmele a jeho obsahu alfa hořkých kyselin. Její hodnota je 10 IBU. Hořkost vyrobených pív tedy odpovídá stylu.

5.3.1 Senzorické hodnocení pív

U vyrobených pšeničných pív byly hodnoceny tyto deskriptory: barva, vůně, cizí vůně, pěna, chuť, cizí chuť, hořkost, ulpívání hořkosti, plnost, říz a celkový dojem. Předloženy byly celkem 4 vzorky piva.

Jako vzorek č. 1 je označeno pivo ze sladu z klasické pšenice, vzorek č. 2 je pivo s obsahem sladu z pšenice s purpurovým perikarpem (odrůda KM 618-14), vzorek č. 3 obsahuje slad z pšenice s modrým aleuronem (odrůda Skorpion), vzorek č. 4 je pivo se sladkem z pšenice se žlutým endospermem (odrůda Citrus).

Vzorek č. 1

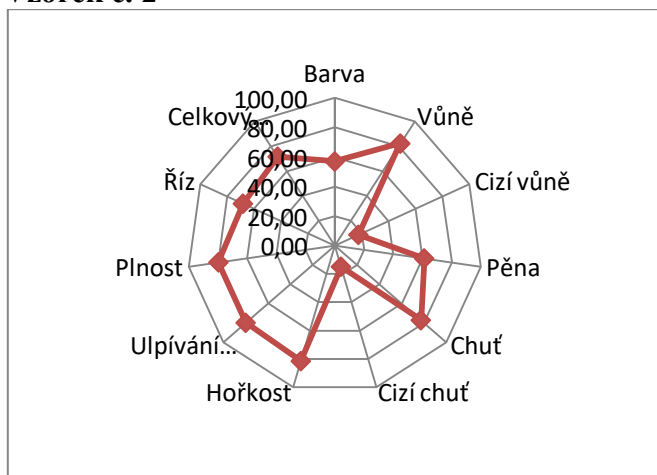


Obrázek č. 5 Sensorický profil vzorku č. 1

Vzorek č. 1 má dle sensorického hodnocení typickou barvu, která odpovídá pšeničným pívům. Hodnotitelé se shodli, že barva tohoto vzorku je nejlepší. Ze všech vzorků získala nejvyšší průměrné hodnocení. Vůně piva je příjemná, typická a intenzivní, bez přítomnosti cizích vůní. Vyskytuje se jablečná, banánová a citrusová vůně. Pěna je hodnocena spíše podprůměrně. Chuť je příjemná, typická pro pšeničné pivo. Podle hodnotitelů je tento vzorek nejchutnější. Cizí chutě se nevyskytují. Hořkost je

hodnocena jako vyvážená, příjemná a ulpívající. Pivo je hodnoceno jako plné a zaokrouhlené, avšak méně řízné. Celkový dojem z piva je výborný. Podle hodnotitelů je tento vzorek nejlepší.

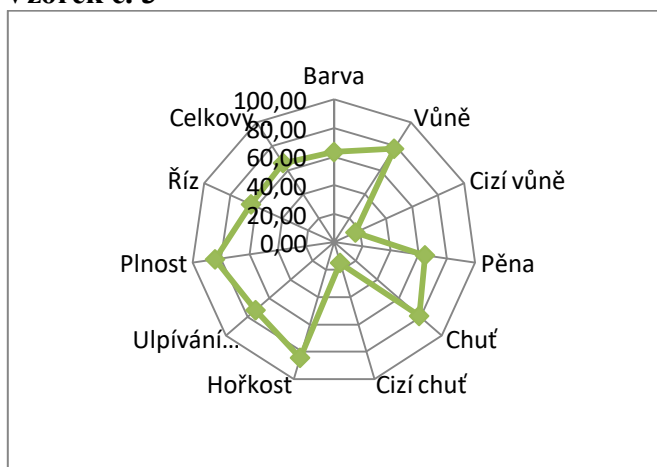
Vzorek č. 2



Obrázek č. 6 Sensorický profil vzorku č. 2

Barva vzorku č. 2 se sladem z purpurové pšenice je hodnocena spíše podprůměrně. Neodpovídá zcela stylu, protože je tmavší, než je u pšeničných piv obvyklé. Vůně je příjemná a typická. Opět se objevuje jablečná, banánová a citrusová vůně. Lehce se vyskytují i cizí vůně. Pěna je hodnocena jako podprůměrná. Chuť je hodnocena průměrně. Podle hodnotitelů byla chuť více nakyslá. Patrné jsou i cizí chutě. Hořkost je příjemná, vyvážená a ulpívající. Pivo je hodnoceno jako plné a zaokrouhlené. Říz piva je hodnocen spíše podprůměrně. Celkový dojem z piva je hodnocen průměrně.

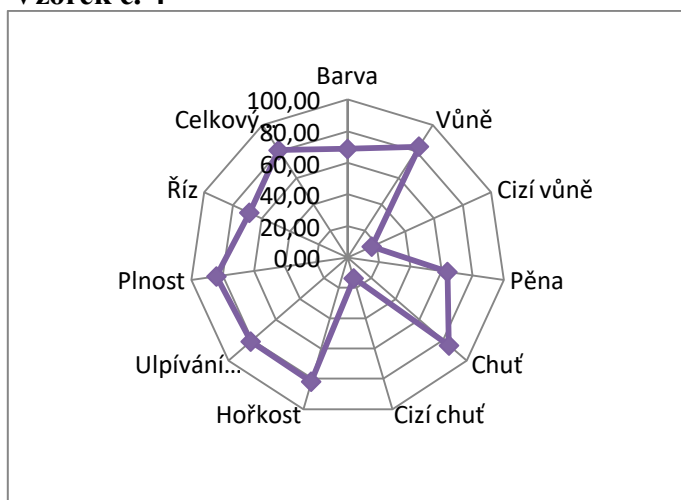
Vzorek č. 3



Obrázek č. 7 Sensorický profil vzorku č. 3

Ze sensorického profilu vzorku č. 3 se sladem z modré pšenice vyplývá, že barva je spíše netypická, hodnocena podprůměrně, je opět výrazně tmavší. Vůně je příjemná a typická pro pšeničné pivo. Hodnotitelé zaznamenali i přítomnost cizích vůní. Pěna je opět hodnocena podprůměrně. Chuť piva je spíše typická, avšak negativně působila mírná kvasničná chuť. Vyskytovala se také lehce nasládlá chuť. Hořkost piva je podle hodnotitelů optimální a ulpívající. Pivo je plné. Říz je hodnocen jako slabší. Celkový dojem je hodnocen průměrně.

Vzorek č. 4

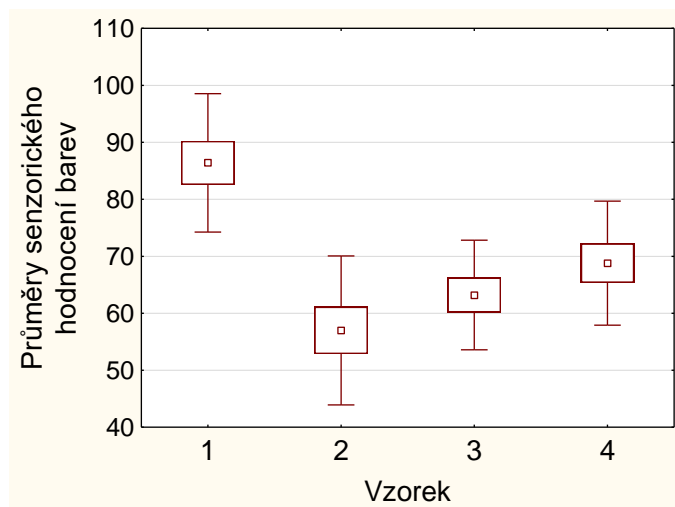


Obrázek č. 8 Sensorický profil vzorku č. 4

Barva vzorku č. 4 se sladem ze žluté pšenice je hodnocena jako druhá nejlepší. Oproti vzorkům č. 2 a č. 3 je světlejší, více se tedy podobá běžným pšeničným pivům. Vůně piva je příjemná a intenzivní, opět s nádechem banánu a jablka. Přítomnost cizí vůně je také mírně patrná. Hodnocení pěny je podprůměrné. Chuťově je toto pivo v průměru hodnoceno nejlépe. Avšak chuť je srovnatelná se vzorkem č. 1. Cizí chutě se nevyskytují. Hořkost piva je podle hodnotitelů vyvážená a příjemná. U toho vzorku je hořkost také nejvíce ulpívající. Pivo je hodnoceno jako plné a zaokrouhlené. Říz je opět slabší, avšak hodnotitelé se shodli, že je toto pivo ze všech vzorků nejvíce řízné. Celkový dojem je hodnocen výborně.

Statistické vyhodnocení

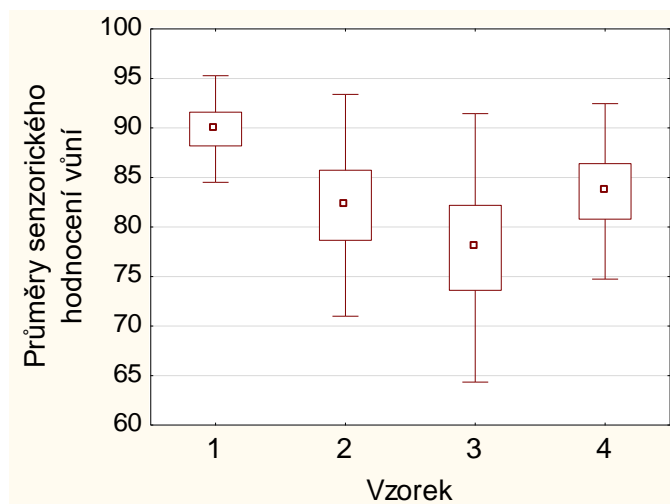
Barva



Obrázek č. 9 Porovnání barev pšeničných piv

Jelikož výběry dat neměly normální rozdělení, byl proveden Kruskal-Wallisův test, který určil, že barvy jednotlivých piv se statisticky významně liší ($p = 0,0012$). Na základě vícenásobného porovnávání byl zjištěn významný rozdíl mezi vzorky 1 a 2, 1 a 3. Vzorky 2 a 3 byly, ve srovnání se vzorkem 1, který obsahuje klasickou pšenici, výrazně tmavší.

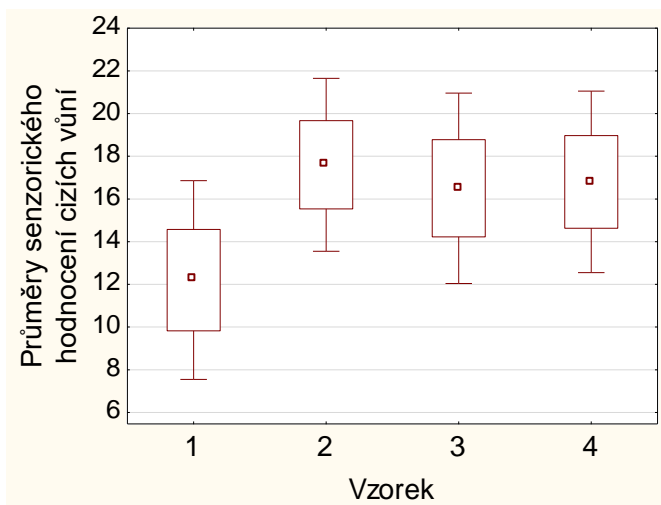
Vůně



Obrázek č. 10 Porovnání vůní pšeničných piv

Rozdíl ve vůních jednotlivých pšeničných piv není statisticky významný ($p = 0,11$). Vůně piv jsou tedy přibližně stejné.

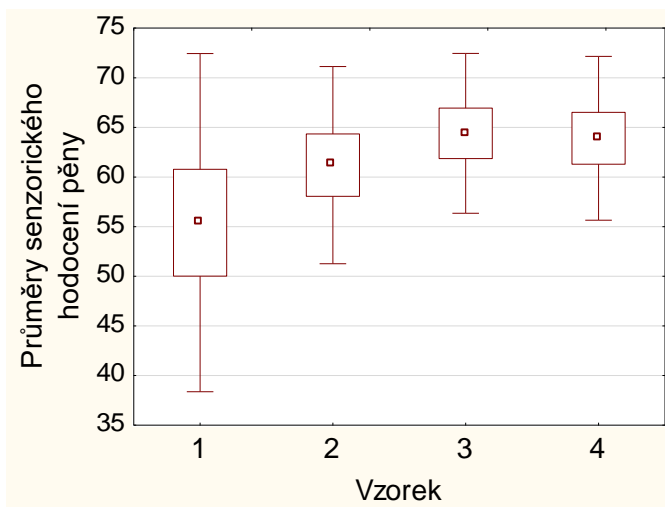
Cizí vůně



Obrázek č. 11 Porovnání cizích vůní pšeničných piv

Rozdíl mezi přítomností cizích vůní ve vzorcích piv není statisticky průkazný ($p = 0,34$).

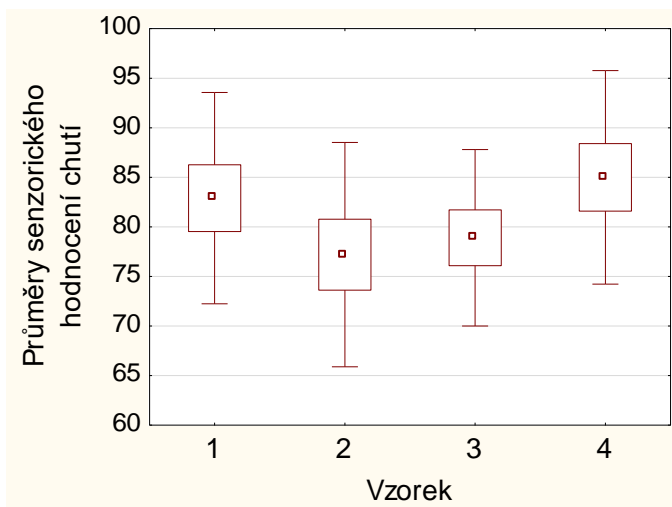
Pěna



Obrázek č. 12 Porovnání pěny pšeničných piv

Pěna byla u jednotlivých vzorků hodnocena podobně. Mezi vzorky nebyl prokázán statisticky významný rozdíl ($p = 0,62$).

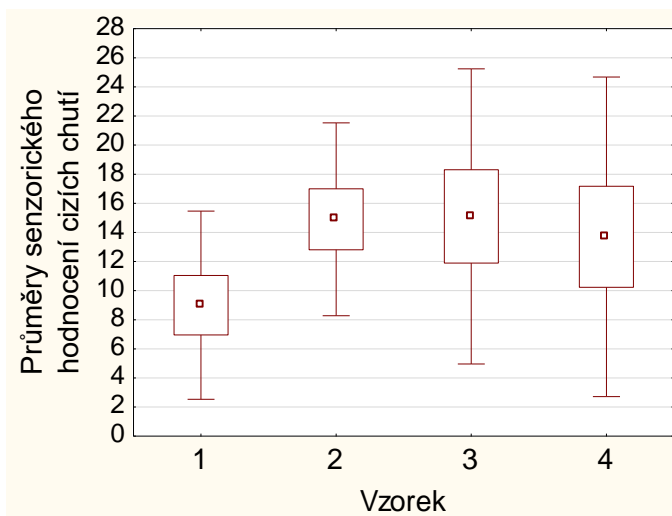
Chuť



Obrázek č. 13 Porovnání chutí pšeničných piv

Statistickým testováním nebyl zjištěn významný rozdíl v chutích jednotlivých vzorků piv ($p = 0,23$). Lze tedy říci, že piva jsou si chuťově podobná.

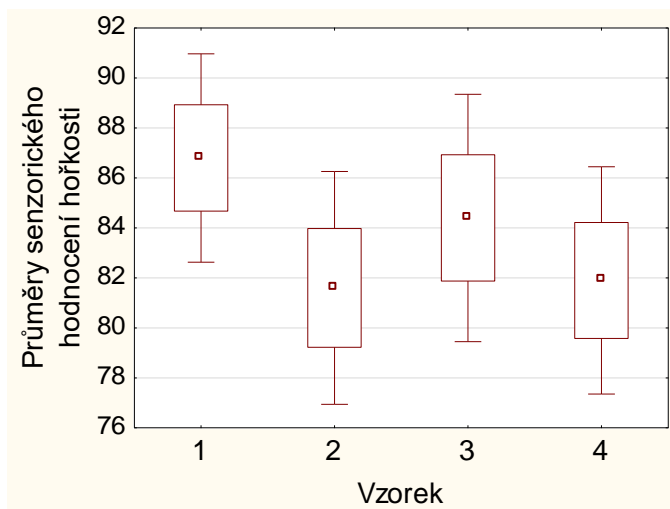
Cizí chuť



Obrázek č. 14 Porovnání cizích chutí pšeničných piv

Na základě Kruskal-Wallisova testu nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi přítomností cizích chutí v jednotlivých vzorcích piva ($p = 0,13$).

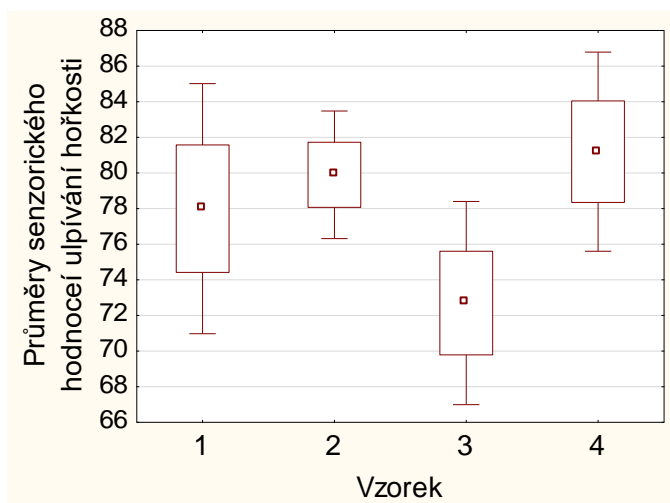
Hořkost



Obrázek č. 15 Porovnání hořkosti pšeničných piv

Mezi hodnocením hořkosti jednotlivých vzorků piv nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl ($p = 0,37$). Všechna piva jsou tedy podobně hořká.

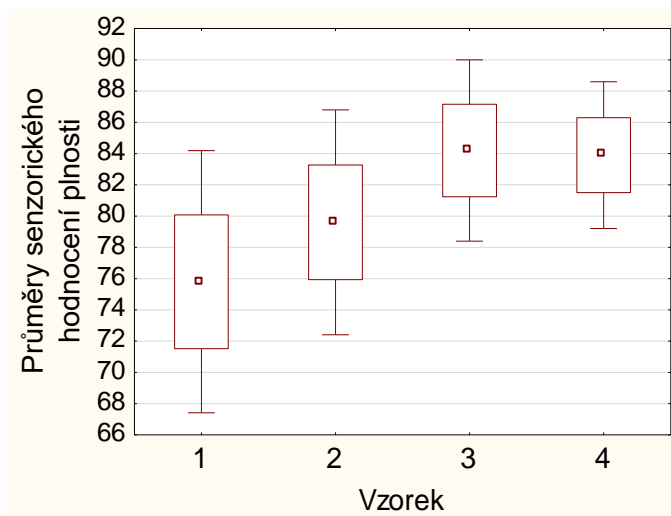
Ulpívání hořkosti



Obrázek č. 16 Porovnání ulpívání hořkosti pšeničných piv

Statistickým testováním nebyl prokázán významný rozdíl mezi ulpíváním hořkosti u jednotlivých vzorků piv ($p = 0,18$). Ulpívání hořkosti je tedy u všech piv přibližně stejné.

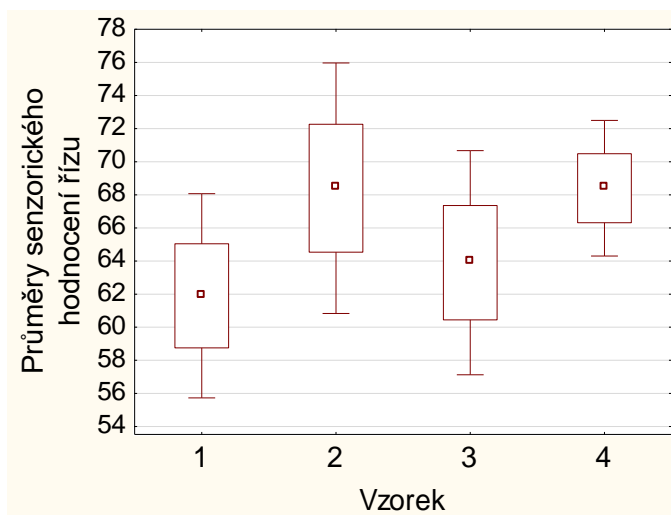
Plnost



Obrázek č. 17 Porovnání plnosti pšeničných piv

Na základě statistického testování bylo zjištěno, že plnost je u všech vzorků piv podobná a statisticky se významně neliší ($p = 0,27$).

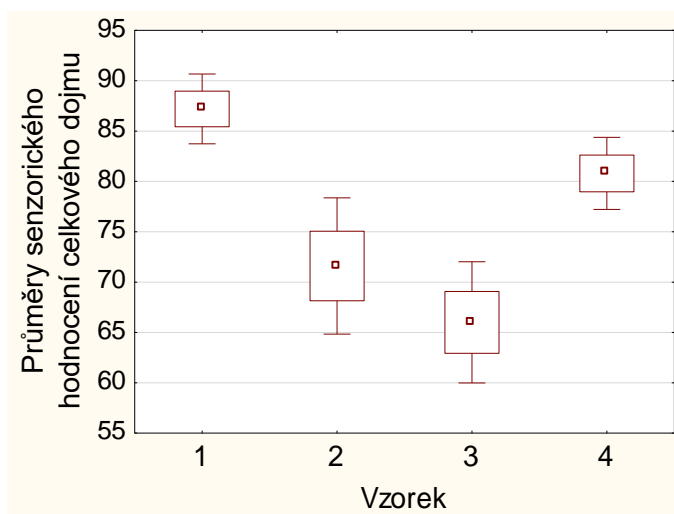
Říz



Obrázek č. 18 Porovnání řízu pšeničných piv

U vzorků piv nebyl u hodnocení řízu nalezen statisticky významný rozdíl ($p = 0,38$). Piva jsou tedy podobně řízná.

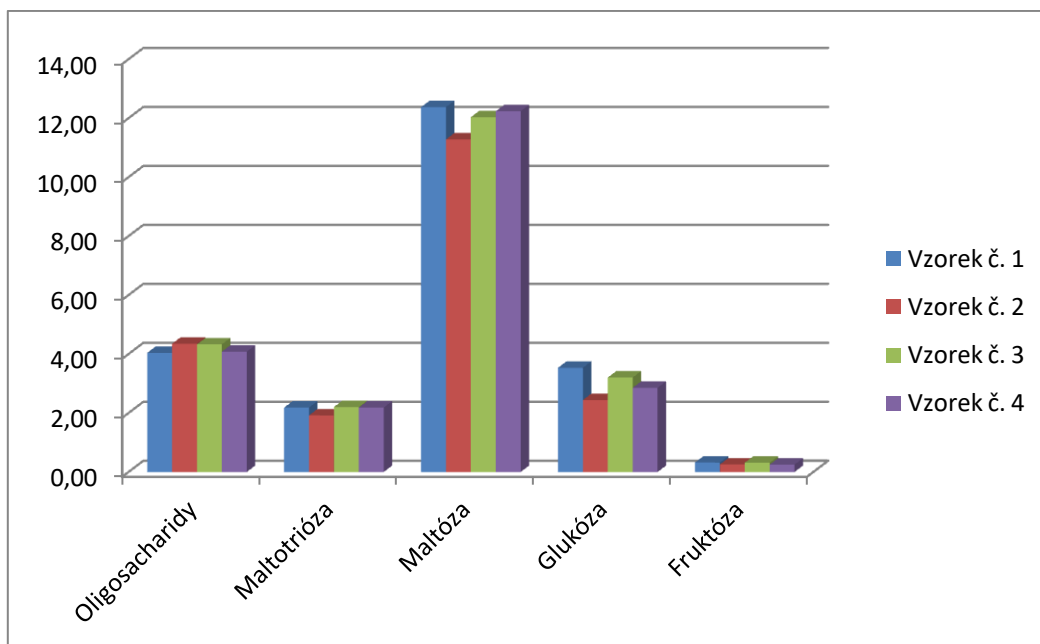
Celkový dojem



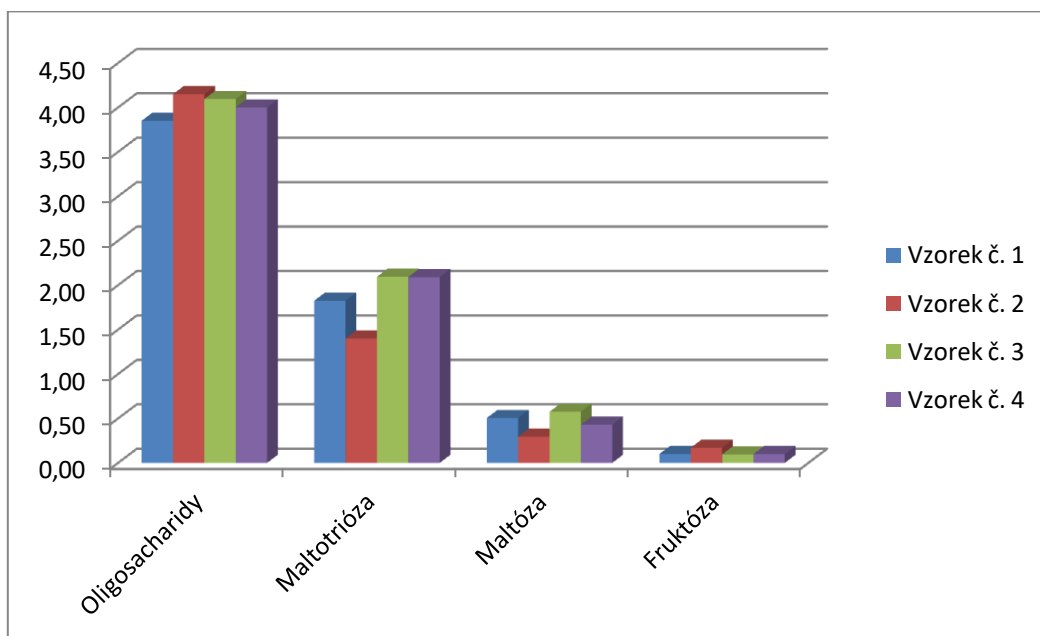
Obrázek č. 19 Porovnání celkového dojmu u pšeničných piv

Analýzou rozptylu byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi hodnocením celkového dojmu u jednotlivých vzorků ($p = 0,00$). Pomocí post hoc Tukeyova testu byl zjištěn významný rozdíl mezi vzorky 1 a 2, 1 a 3, 3 a 4. Hodnocení vzorků 1 a 4 je tedy přibližně stejné.

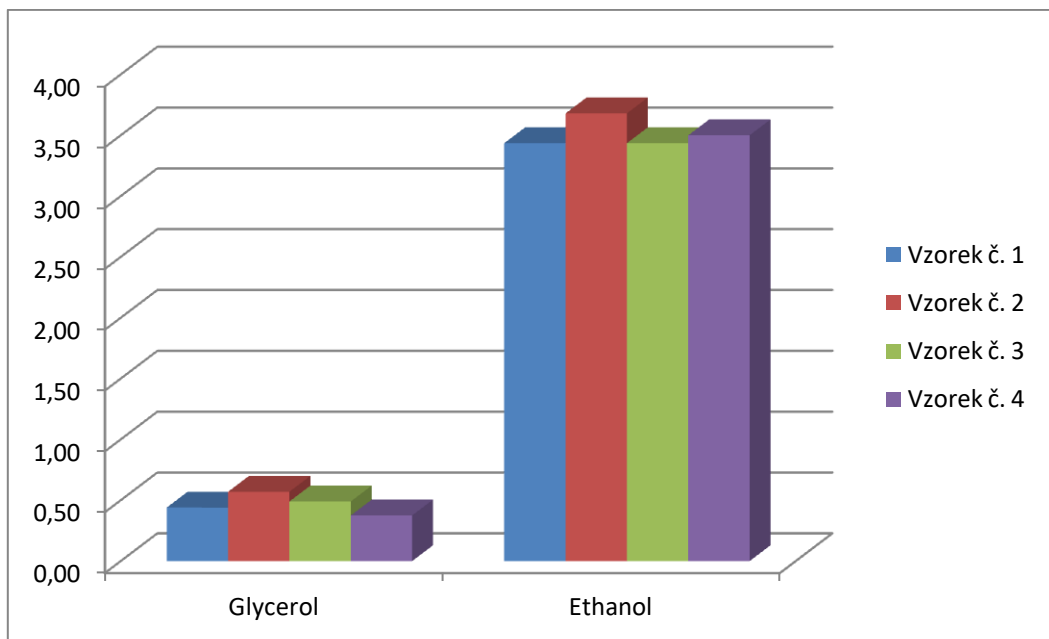
5.3.2 Výsledky chromatografického stanovení



Obrázek č. 20 Zastoupení sacharidů mladin



Obrázek č. 21 Zastoupení sacharidů piv



Obrázek č. 22 Zastoupení alkoholů pív

Zastoupení sacharidů jednotlivých mladin je u všech vzorků obdobné. V největším množství se ve vzorcích mladin nachází maltóza, jejíž průměrný obsah je 11,99 %. Nejméně je zastoupená fruktóza, v průměrném množství 0,29 %. Celkový obsah sacharidů mladin je v průměru 21,61 %. U hotových pív je průměrný obsah sacharidů 6,45 %. Prokvašeno bylo tedy přibližně 70 % sacharidů v mladině. Nejvíce prokvašená byla maltóza. Množství maltózy ve vzorcích pív je v průměrném množství 0,46 %. U pív jsou nejvíce zastoupeny oligosacharidy, a to v průměrném množství 4,06 %. V hotových pivech se už nevyskytuje glukóza, která byla zcela prokvašena. Obsah ethanolu je ve vzorcích pív průměrně 3,52 %. Faltermaier et al. (2014) však uvádí, že obsah ethanolu by se měl u pšeničných pív pohybovat v rozmezí 3,9–4,4 %. Tomu neodpovídá ani jedno vyrobené pivo. S tím souvisí i nižší obsah extraktu původní nezakvašené mladiny, který je u vzorků nižší, než je pro pšeničná piva typické.

5.4 Vyhodnocení cereálních mlék

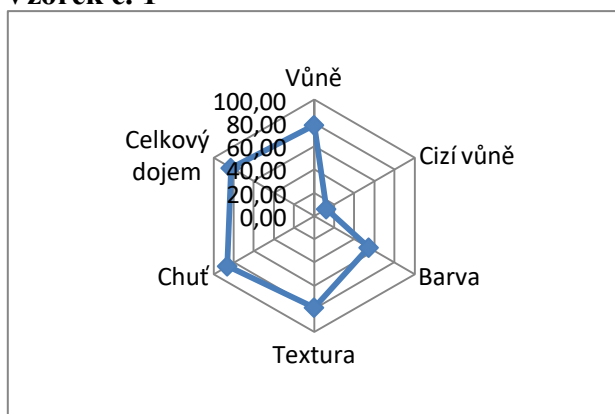
5.4.1 Senzorické hodnocení cereálních mlék vyrobených rmutováním

V rámci sensorického hodnocení byla hodnocena vůně, přítomnost cizích vůní, barva, textura, chuť a celkový dojem. Deseti hodnotitelům byly předloženy 4 vzorky.

Jako vzorek č. 1 je označeno mléko obsahující slad z klasické pšenice a nesladovaný oves, vzorek č. 2 je mléko se sladkem z pšenice s purpurovým perikarpem (odrůda KM 618-14) a nesladovaným ovsem, vzorek č. 3 je mléko se sladkem z pšenice s modrým aleuronem (odrůda Skorpion) a nesladovaným ovsem, vzorek č. 4 je mléko se sladkem z pšenice se žlutým endospermem (odrůda Citrus) a nesladovaným ovsem.

Před sensorickou analýzou byly vzorky důkladně promíchány, protože při delším stání mlék docházelo k usazování vysrážených bílkovin.

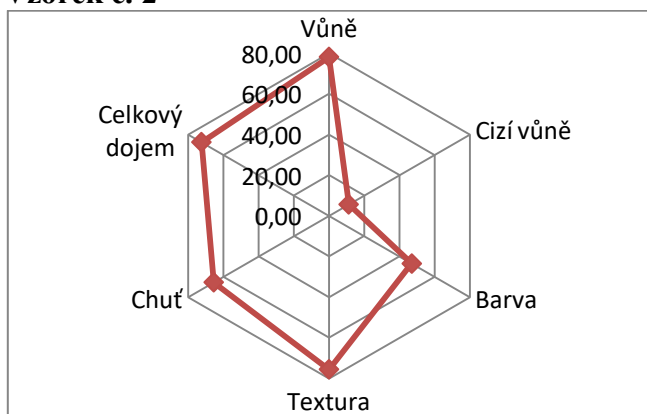
Vzorek č. 1



Obrázek č. 23 Senzorický profil vzorku č. 1

Senzorické hodnocení vzorku č. 1, který obsahuje nesladovaný oves a slad z klasické pšenice, vypovídá o tom, že mléko má příjemnou, typickou a harmonickou vůni, bez výskytu cizích vůní. Barva není typicky mléčně bílá, je přítomno mírné karamelové zabarvení. Textura nápoje je jemná, přítomnost pevných částic je minimální. Chuť je hodnocena nadprůměrně. Hodnotitelé se shodli, že chuť je příjemně sladká a jemně cereální. Celkový dojem po konzumaci tohoto mléka je výborný.

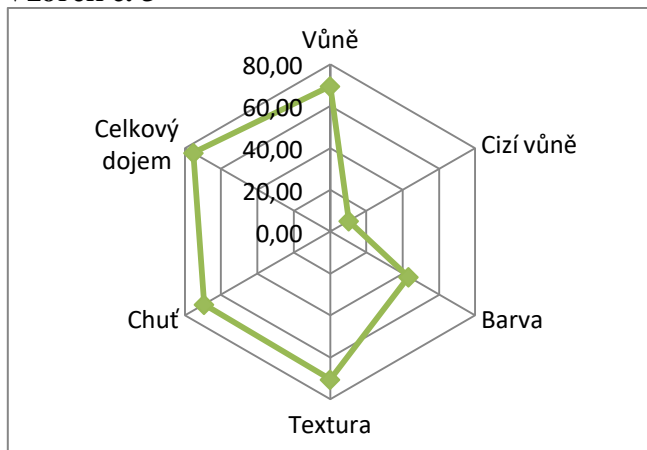
Vzorek č. 2



Obrázek č. 24 Senzorický profil vzorku č. 2

Vzorek č. 2, který obsahuje slad z pšenice s purpurovým perikarpem má, dle senzorického profilu, příjemnou typickou vůni. Nejsou znatelné cizí vůně. Barva výrobku vykazuje silnější karamelové zabarvení. Ze všech čtyř vzorků je tento nápoj hodnocen jako nejtmaší. V mléce se vyskytuje minimum pevných částic. Textura je spíše jemná, srovnatelná se vzorkem č. 1. Chuť je hodnocena jako dobrá, nasládlá. Hodnotitelé se však shodli, že výrobek je méně sladký, než vzorek č. 1. Přítomna je i lehce nahořklá chuť. Celkový dojem je hodnocen jako průměrný.

Vzorek č. 3

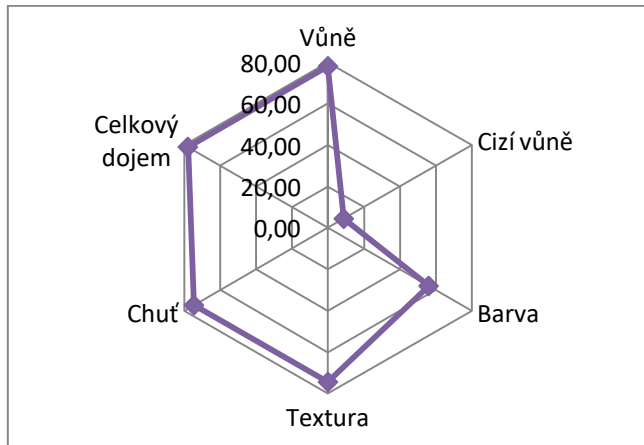


Obrázek č. 25 Senzorický profil vzorku č. 3

U vzorku č. 3, který obsahuje slad z pšenice s modrým aleuronem, je podle hodnotitelů vůně spíše průměrná, méně příjemná a méně intenzivní. Cizí vůně však nejsou přítomny. Barva je dle hodnotitelů podprůměrná, s karamelovým až hnědým odstínem. Textura je spíše jemná. Hodnotitelé se shodli, že jsou patrné jemné částičky, avšak

v bezvýznamném množství. Chuť je hodnocena průměrně, opět je přítomna mírně nahořklá chuť. Celkový dojem z nápoje je průměrný.

Vzorek č. 4

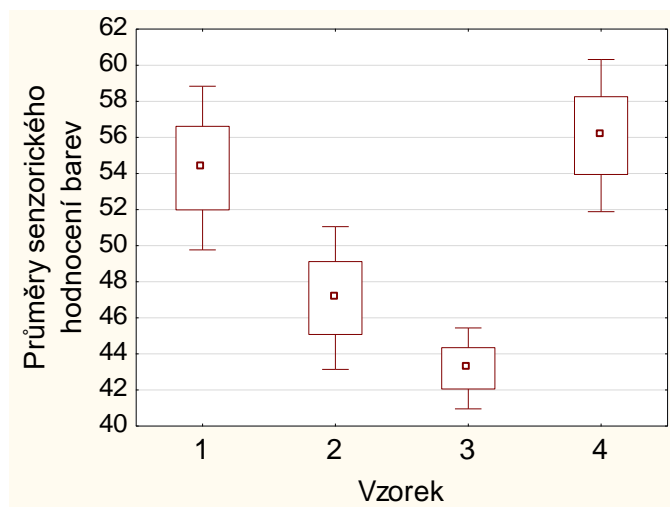


Obrázek č. 26 Senzorický profil vzorku č. 4

Hodnocení vzorku č. 4, s obsahem sladu z pšenice se žlutým endospermem, vypovídá o tom, že vůně vzorku je příjemná a harmonická, cizí vůně nejsou zdatelně přítomny. Barva opět není hodnocena jako typicky mléčně bílá, je přítomno jemné karamelové zabarvení. Textura je jemná, přítomnost pevných částic je nepatrná. Chuť je podle hodnotitelů jemně nasládlá, celkově průměrná. Celkový dojem z nápoje je taktéž průměrný.

Statistické vyhodnocení

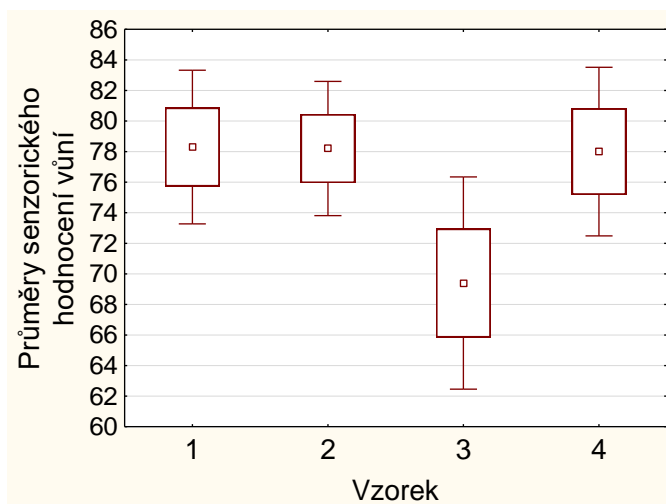
Barva



Obrázek č. 27 Porovnání barev cereálních mlék vyrobených rmutováním

Z obrázku č. 27 je patrné, že se barvy jednotlivých cereálních mlék významně liší ($p = 0,00$). Na základě post hoc Tukeyova testu byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi vzorky 1 a 3, 2 a 4, 3 a 4.

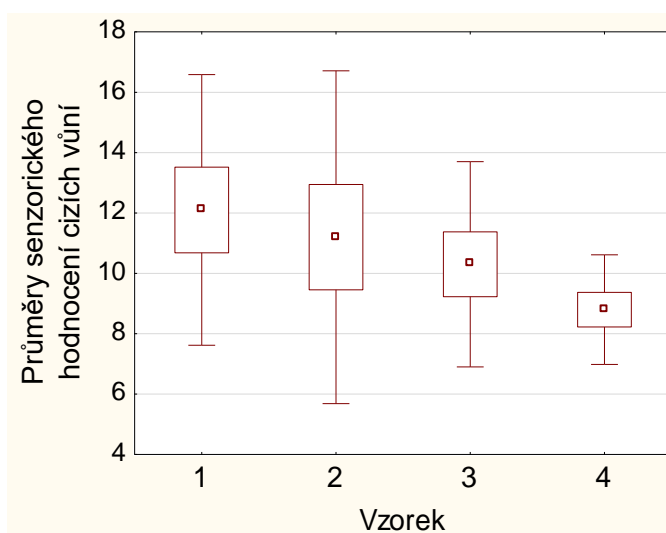
Vůně



Obrázek č. 28 Porovnání vůní cereálních mlék vyrobených rmutováním

Rozdíl mezi vůněmi jednotlivých cereálních mlék není statisticky významný ($p = 0,08$).

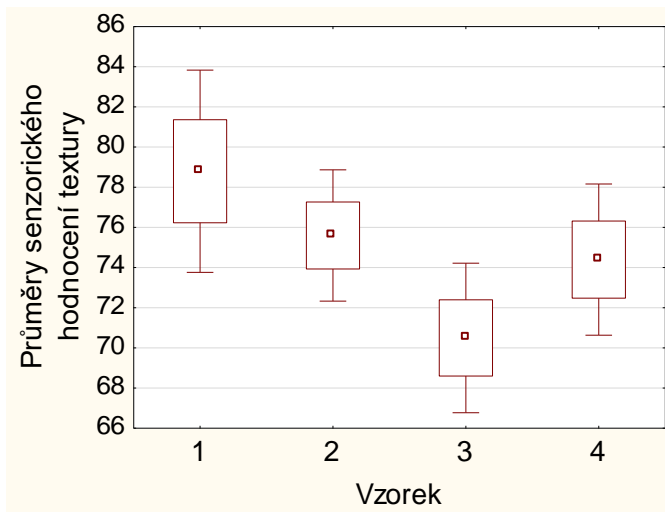
Cizí vůně



Obrázek č. 29 Porovnání cizích vůní cereálních mlék vyrobených rmutováním

Přítomnost cizích vůní se u jednotlivých mlék statisticky významně neliší ($p = 0,21$).

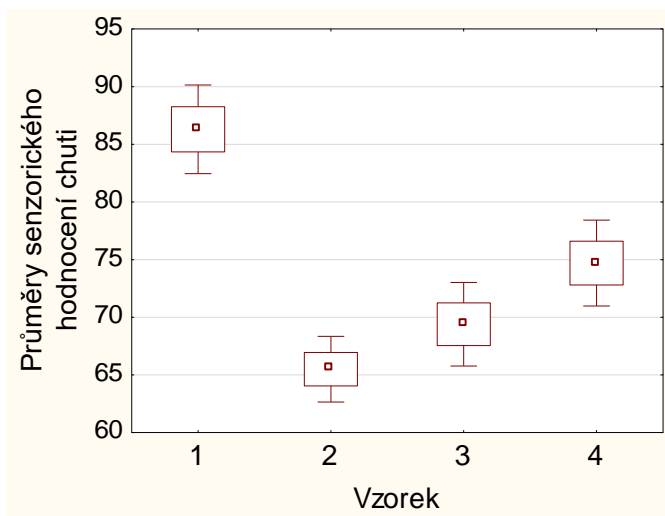
Textura



Obrázek č. 30 Porovnání textury cereálních mlék vyrobených rmutováním

Textura je u jednotlivých vzorků podobná. Statisticky se významně neliší ($p = 0,052$).

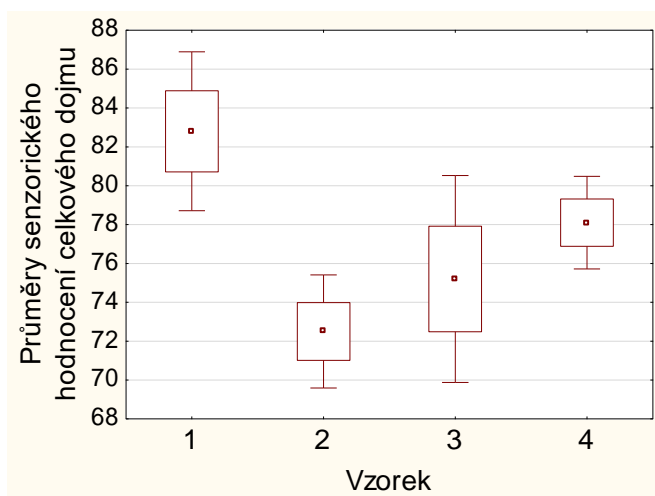
Chuť



Obrázek č. 31 Porovnání chutí cereálních mlék vyrobených rmutováním

Mezi chutěmi jednotlivých mlék je statisticky významný rozdíl ($p = 0,00$). Na základě post hoc Tukeyova testu byl zjištěn rozdíl mezi vzorky 1 a 2, 1 a 3, 1 a 4, 2 a 4.

Celkový dojem



Obrázek č. 32 Porovnání celkového dojmu u cereálních mlék vyrobených rmutováním

Celkový dojem z vyrobených mlék se u jednotlivých vzorků mlék statisticky významně liší ($p = 0,005$). Na základě post hoc Tukeyova testu byl zjištěn rozdíl mezi vzorky 1 a 2, 1 a 3.

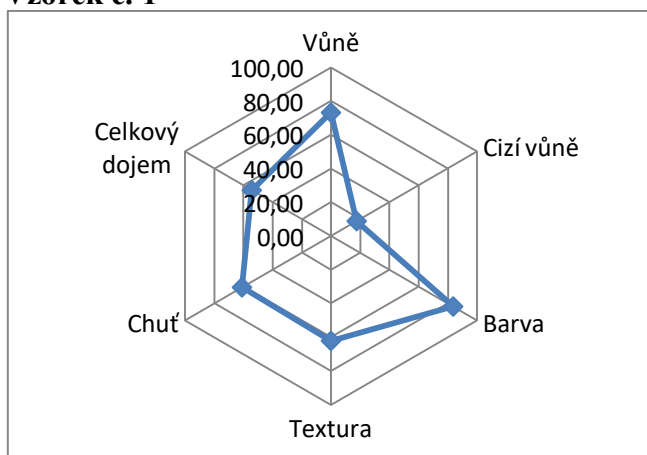
5.4.2 Senzorické hodnocení cereálních mlék vyrobených za studena

V rámci senzorického hodnocení byly hodnoceny stejné parametry, jako u mlék vyrobených rmutováním, tedy vůně, přítomnost cizích vůní, barva, textura, chuť a celkový dojem. Opět byly hodnotitelům předloženy 4 vzorky.

Označení vzorků zůstává stejné. Všechny vzorky opět obsahovaly nesladovaný oves. Vzorek č. 1 navíc slad z klasické pšenice, vzorek č. 2 slad z pšenice s purpurovým perikarpem (odrůda KM 618-14), vzorek č. 3 slad z pšenice s modrým aleuronem (odrůda Skorpion), vzorek č. 4 obsahoval slad z pšenice se žlutým endospermem (odrůda Citrus).

Před hodnocením byly vzorky taktéž důkladně promíchány, aby nedocházelo k usazování vysrážených bílkovin.

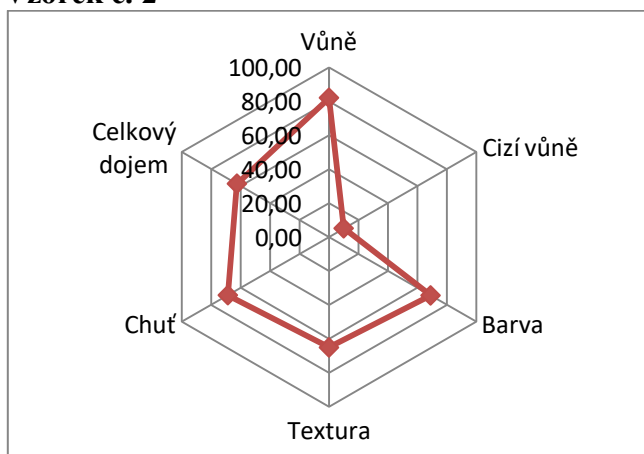
Vzorek č. 1



Obrázek č. 33 Senzorický profil vzorku č. 1

Ze senzorického profilu vzorku č. 1 s obsahem sladu z klasické pšenice vyplývá, že vůně je spíše typická, lehce jsou přítomny i cizí vůně. Barva je hodnocena nadprůměrně, je typicky mléčně bílá. Po vypití mléka je patrná přítomnost pevných částic. Chuť je hodnocena spíše průměrně až podprůměrně. Hodnotitelé se shodli, že mléko má výraznou cereální a moučnou chuť, která působí až nepříjemně. Patrná je surová chuť sladu. Celkový dojem výrobku z je podprůměrný.

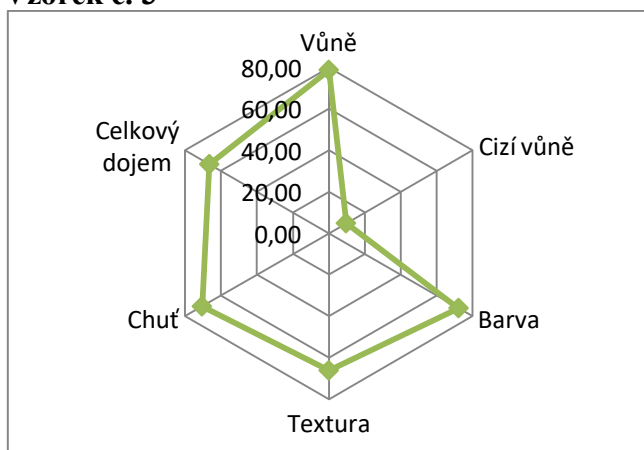
Vzorek č. 2



Obrázek č. 34 Senzorický profil vzorku č. 2

Vůně vzorku se sladem z pšenice s purpurovým perikarpem je hodnocena nadprůměrně. Je typická, příjemná a harmonická. Cizí vůně nejsou přítomny. Barva je hodnocena jako spíše typická, vyskytuje se jemný karamelový nádech. Ze všech vzorků je tento nápoj nejtmaší. Po vypití nápoje jsou v ústech patrné částice. Chuť je opět silně cereální a moučná. Hodnotitelé se také shodli na přítomnosti nahořklé chuti. Celkový dojem z výrobku je průměrný.

Vzorek č. 3

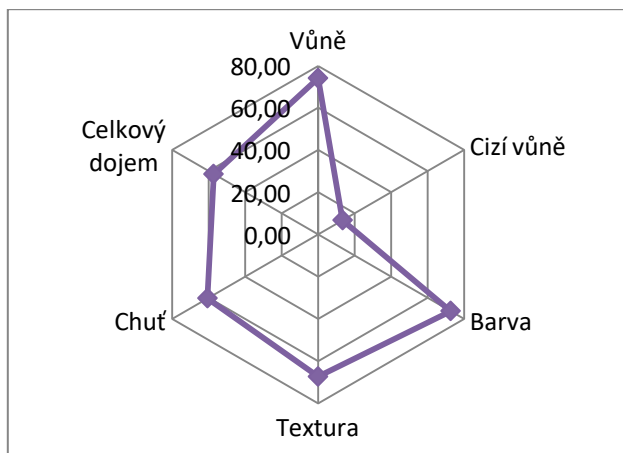


Obrázek č. 35 Senzorický profil vzorku č. 3

Na základě senzorického profilu vzorku č. 3 se sladem z modré pšenice lze konstatovat, že tento nápoj má příjemnou typickou vůni, bez přítomnosti cizích vůní. Jeho barva je spíše typická, mléčně bílá s nádechem šedé barvy. Textura je opět méně jemná, s přítomností pevných částic. Chuť je hodnocena průměrně. Hodnotitelé se shodli, že

chuť je jemně nasládlá, na rozdíl od ostatních vzorků. Celkový dojem z výrobku je dobrý. Ze všech mlék vyrobených za studena je toto mléko podle hodnotitelů nejlepší.

Vzorek č. 4

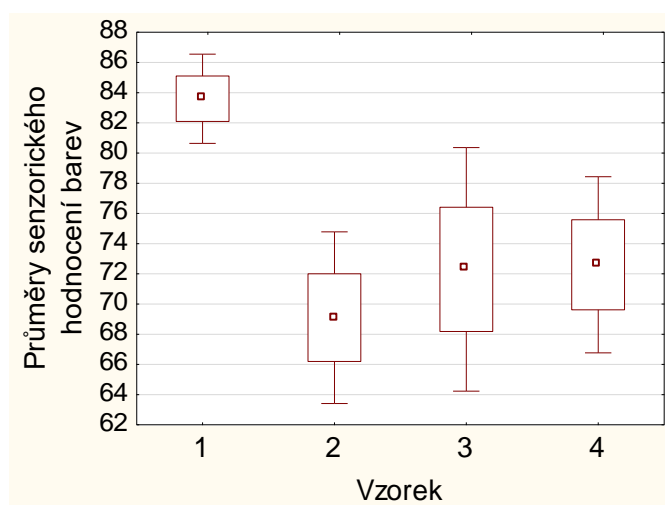


Obrázek č. 36 Senzorický profil vzorku č. 4

Vůně vzorku č. 4 se sladkem z pšenice se žlutým endospermem je hodnocena jako spíše typická, bez přítomnosti cizích vůní. Barva je mléčně bílá, avšak s lehkým nádechem karamelové barvy. Textura mléka je obdobná jako u předchozích vzorků, opět jsou přítomny jemné částice. Chuť je hodnocena spíše podprůměrně, je moučná a cereální. Podle hodnotitelů je mléko i lehce nahořklé. Celkový dojem z výrobku je podprůměrný.

Statistické vyhodnocení

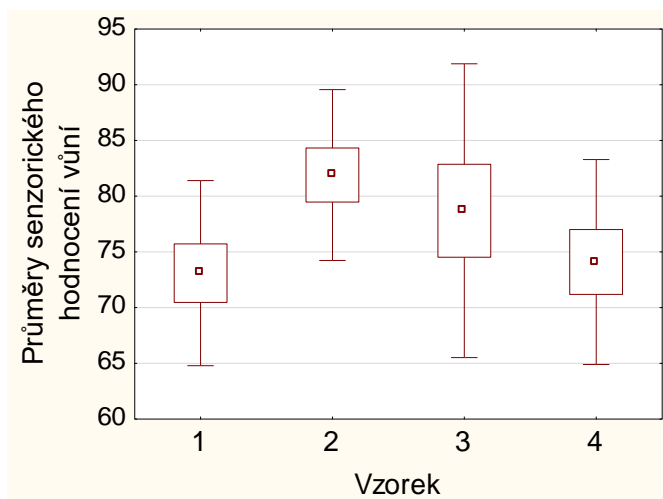
Barva



Obrázek č. 37 Porovnání barev cereálních mlék vyrobených za studena

Z obrázku č. 37 je patrné, že rozdíly mezi barvami cereálních mlék vyrobených za studena jsou statisticky průkazné ($p = 0,01$). Pomocí post hoc Tukeyova testu byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi vzorky 1 a 2.

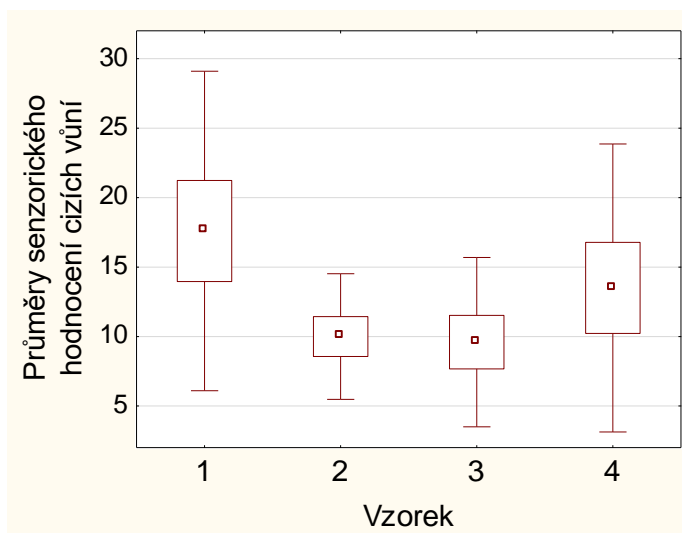
Vůně



Obrázek č. 38 Porovnání vůně cereálních mlék vyrobených za studena

Z obrázku č. 38 vyplývá, že vůně mlék vyrobených za studena se výrazně neliší ($p = 0,09$).

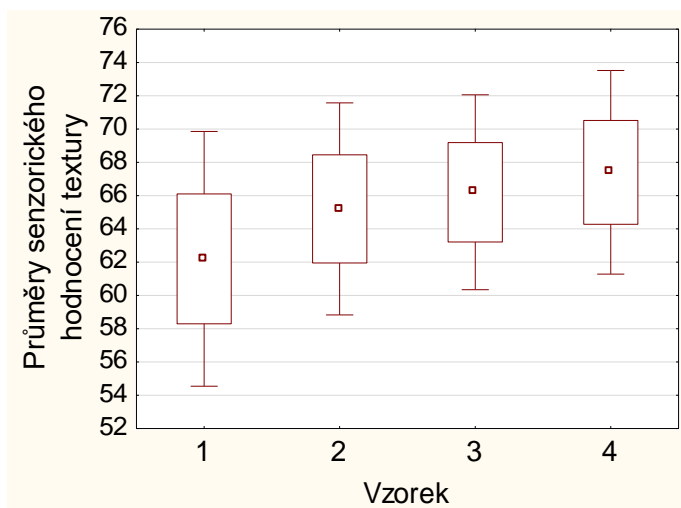
Cizí vůně



Obrázek č. 39 Porovnání cizích vůní cereálních mlék vyrobených za studena

Hodnocení cizích vůní je u všech vzorků podobné, statisticky se významně neliší ($p = 0,22$).

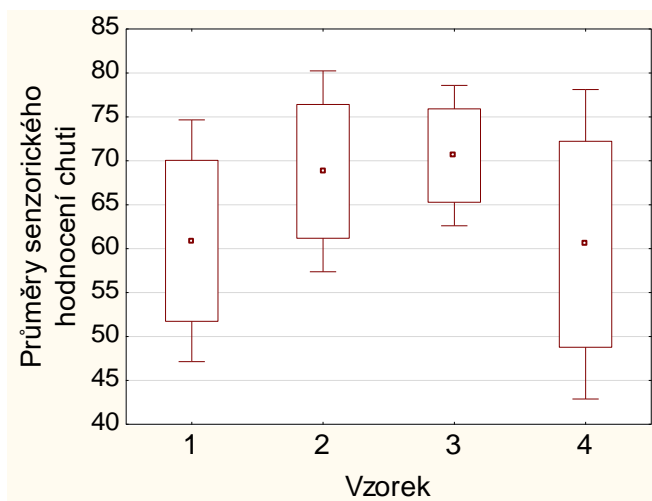
Textura



Obrázek č. 40 Porovnání textury cereálních mlék vyrobených za studena

Textura jednotlivých mlék se významně neliší ($p = 0,72$).

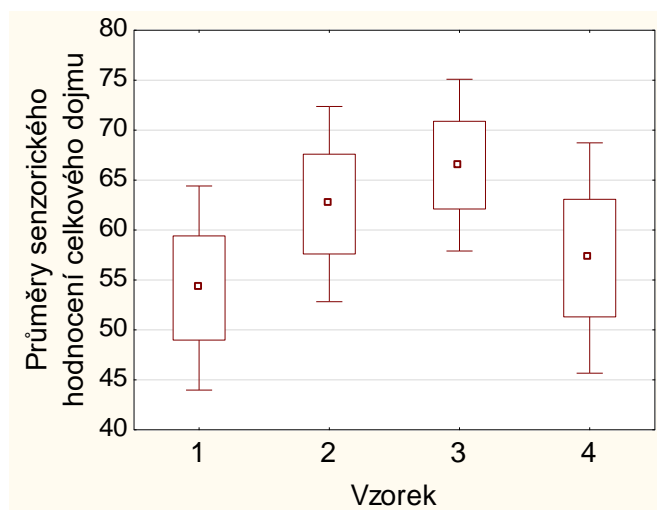
Chuť



Obrázek č. 41 Porovnání chutí cereálních mlék vyrobených za studena

Bylo zjištěno, že rozdíl v chutích jednotlivých mlék není statisticky průkazný ($p = 0,42$). Chuťově se mléka od sebe tedy výrazně neliší.

Celkový dojem

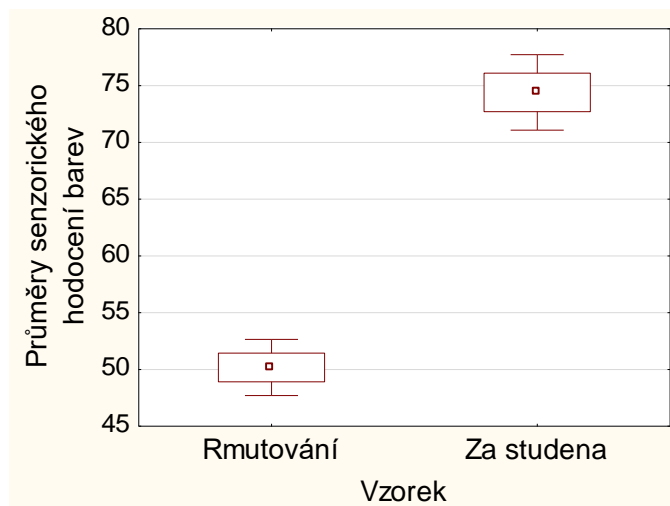


Obrázek č. 42 Porovnání celkového dojmu u cereálních mlék vyrobených za studena

Hodnocení celkového dojmu se u jednotlivých vzorků mlék statistiky významně neliší ($p = 0,35$).

Porovnání cereálních mlék vyrobených rmutováním a vyrobených za studena

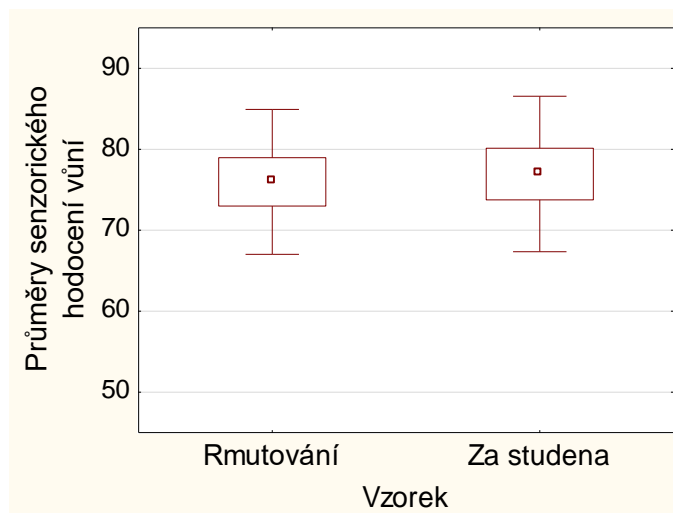
Barva



Obrázek č. 43 Porovnání barev cereálních mlék vyrobených rmutováním a za studena

Z obrázku č. 43 je patrné, že barva se u cereálních mlék vyrobených rmutováním významně liší od barvy mlék vyrobených za studena ($p = 0,00$). Cereální mléka vyrobená studenou cestou měla spíše typicky mléčně bílou barvu.

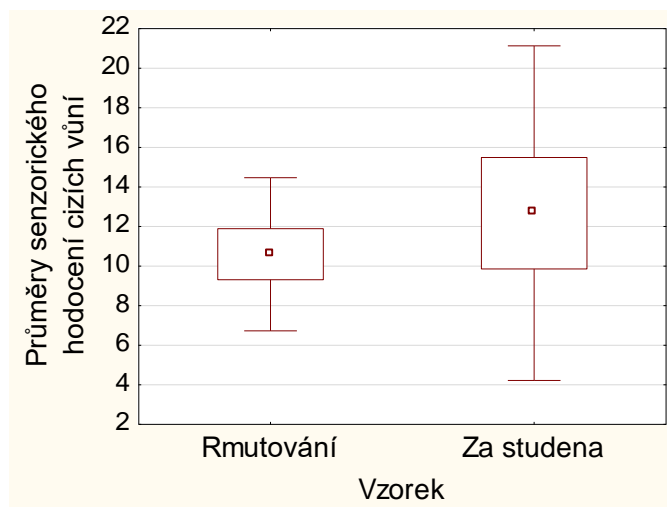
Vůně



Obrázek č. 44 Porovnání vůní cereálních mlék vyrobených rmutováním a za studena

Vůně mlék vyrobených za studena a rmutováním jsou hodnoceny přibližně stejně a statisticky se významně neliší ($p = 0,59$).

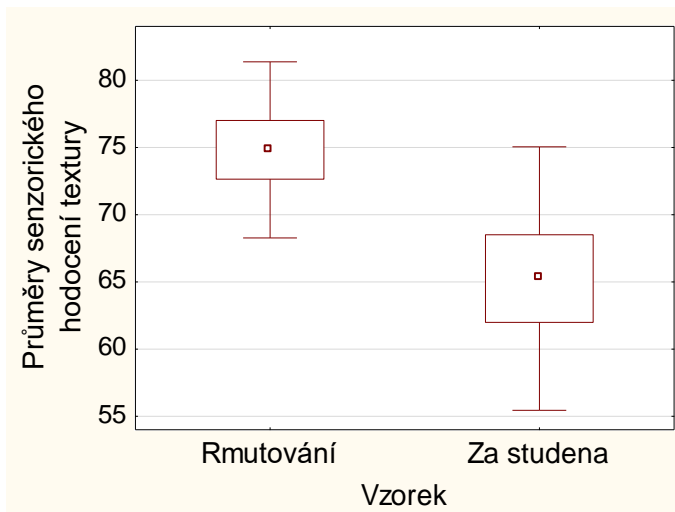
Cizí vůně



Obrázek č. 45 Porovnání cizích vůní cereálních mlék vyrobených rmutováním a za studena

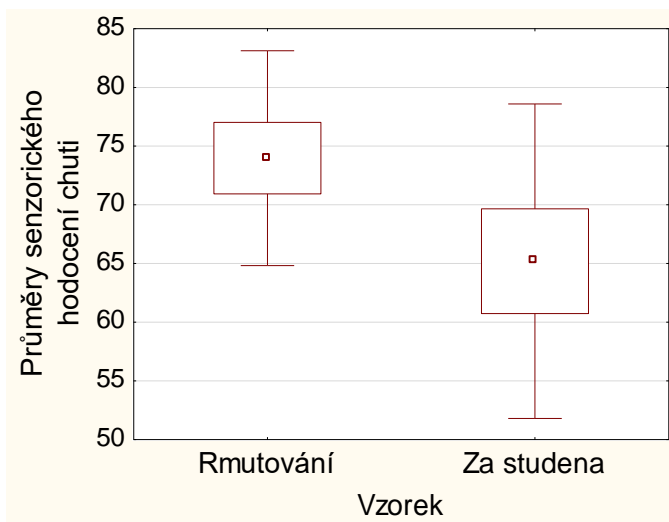
Hodnocení přítomnosti cizích vůní se u obou druhů cereálních mlék statisticky významně neliší ($p = 0,84$).

Textura



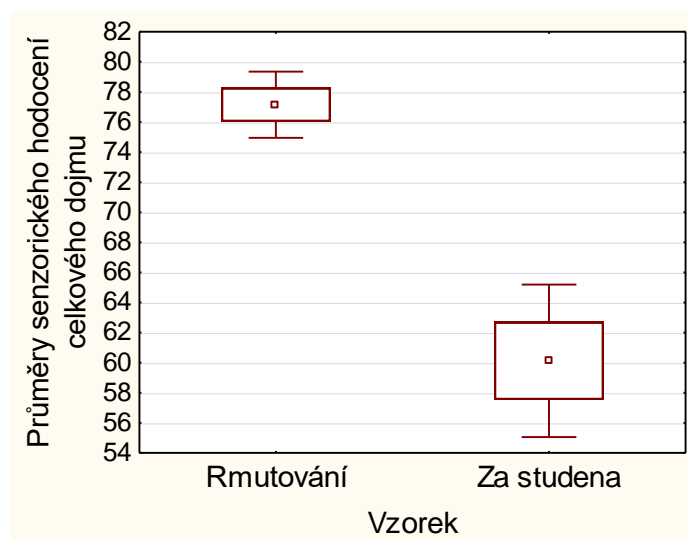
Obrázek č. 46 Porovnání textury cereálních mlék vyrobených rmutováním a za studena
Textura cereálních mlék se dle statistického testování významně liší ($p = 0,00$). Textura cereálních mlék vyrobených rmutováním byla výrazně jemnější.

Chuť



Obrázek č. 47 Porovnání chutí cereálních mlék vyrobených rmutováním a za studena
Chuť cereálních mlék vyrobených rmutováním se statisticky významně liší od chuti mlék vyrobených za studena ($p = 0,02$). Mléka vyrobená rmutováním získala významně vyšší hodnocení chuti.

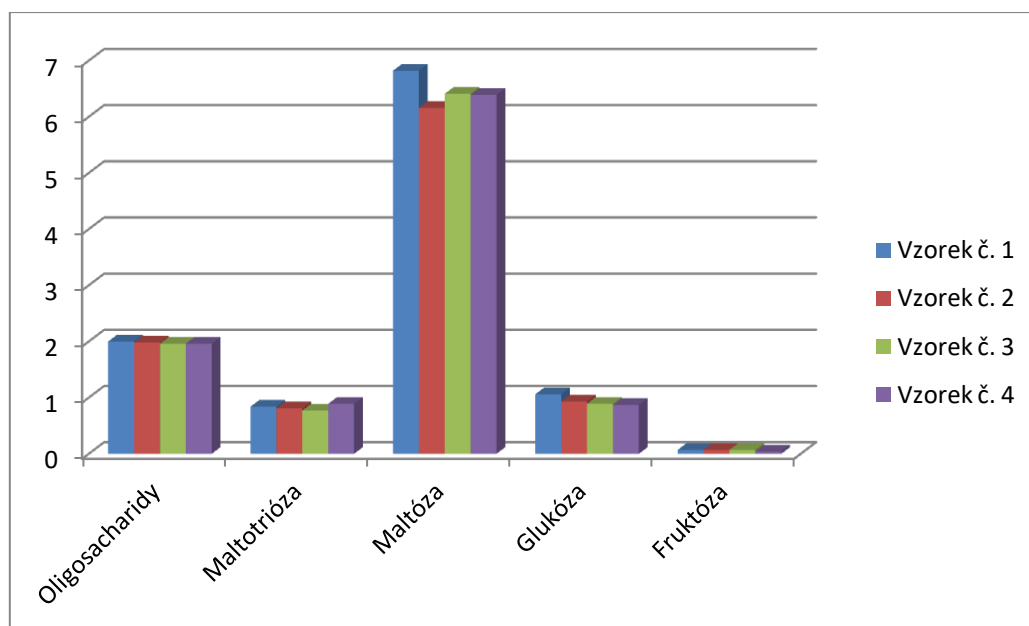
Celkový dojem



Obrázek č. 48 Porovnání celkového dojmu u cereálních mlék vyrobených rmutováním a za studena

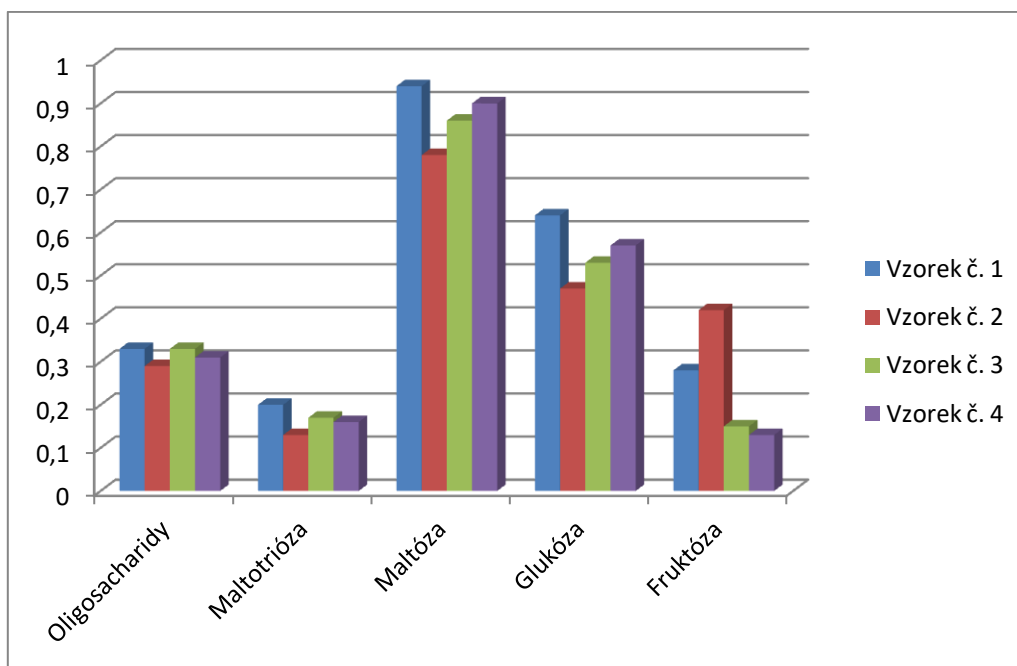
Z obrázku č. 48 je patrný významný rozdíl mezi celkovým dojmem z mlék vyrobených rmutováním a za studena. Rozdíl celkových dojmů je statisticky průkazný ($p = 0,00$).

5.4.3 Výsledky chromatografického stanovení



Obrázek č. 49 Zastoupení sacharidů cereálních mlék vyrobených rmutováním

Zastoupení sacharidů je u jednotlivých vzorků mlék vyrobených rmutováním velmi podobné. Nedá se tedy říct, že by použití konkrétního sladu mělo vliv na obsah sacharidů v mléce. Nejvíce zastoupený je zde disacharid maltóza, jejíž průměrné množství obsažené ve všech vzorcích je 6,45 %. Díky vyššímu obsahu maltózy mají tato mléka sladší chuť, než cereální mléka vyrobená za studena. Po maltóze jsou nejvíce zastoupeny oligosacharidy, jejichž průměrné množství v mlékách je 1,98 %. Následuje glukóza, jejíž množství se ve všech vzorcích pohybuje okolo 0,94 %. Průměrný obsah maltotriózy je 0,83 % a nejméně zastoupeným sacharidem je zde fruktóza s průměrem 0,06 %.



Obrázek č. 50 Zastoupení sacharidů cereálních mlék vyrobených za studena

U cereálních mlék vyrobených za studena je zastoupení sacharidů u většiny vzorků taktéž velmi podobné. Nejvíce zastoupená je zde také maltóza, jako tomu je u mlék vyrobených rmutováním, avšak vyskytuje se pouze v průměrném množství 0,87 %. Toto množství je mnohonásobně nižší, než u mlék vyrobených rmutováním, proto nevykazují mléka vyrobená za studena tak sladkou chuť. Druhým nejvíce zastoupeným sacharidem je glukóza, která se ve vzorcích vyskytuje v průměrném množství 0,55 %. Následují oligosacharidy s průměrem 0,32 % a fruktóza ve množství 0,25 %.

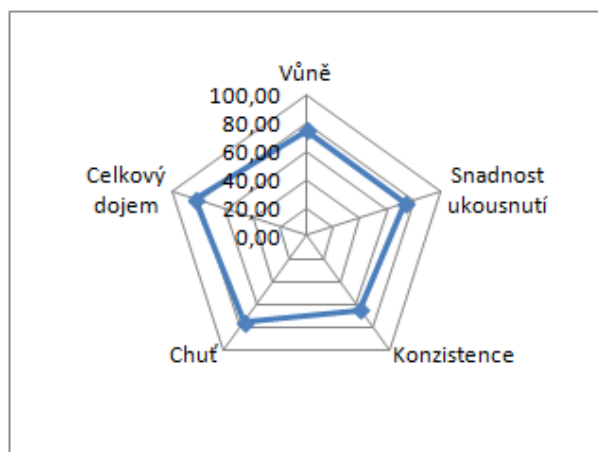
5.5 Vyhodnocení cereálních tyčinek

5.5.1 Senzorické hodnocení cereálních tyčinek s přidavkem celých zrn nesladovaného ovsa

U tyčinek byla hodnocena vůně, snadnost ukousnutí, konzistence, chuť a celkový dojem.

Vyrobeny byly 4 vzorky s jednotlivými slady a nesladovaným ovsem. Vzorek č. 1 obsahuje slad z klasické pšenice, vzorek č. 2 slad z pšenice s purpurovým perikarpem (odrůda KM 618-14), vzorek č. 3 slad z pšenice s modrým aleuronem (odrůda Skorpion), vzorek č. 4 slad z pšenice se žlutým endospermem (odrůda Citrus).

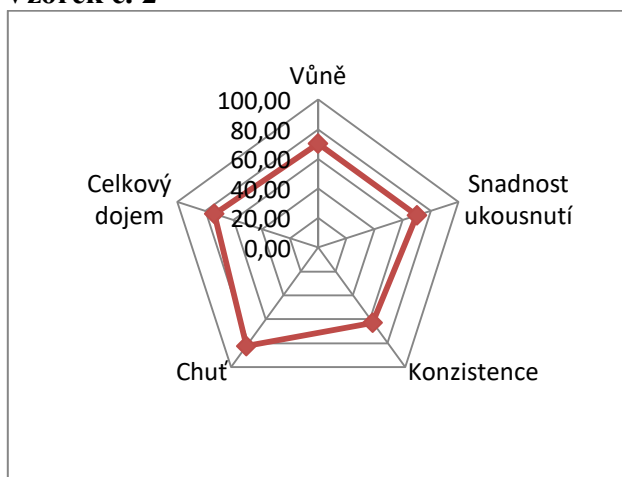
Vzorek č. 1



Obrázek č. 51 Senzorický profil vzorku č. 1

Podle hodnotitelů je vůně vzorku č. 1 s obsahem sladu z klasické pšenice typická a příjemná. Snadnost ukousnutí je hodnocena průměrně. Tyčinku lze ukousnout relativně snadno. Potíže při ukousnutí lehce činí přítomnost celých ovesných zrn. Tyčinka má mírně tužší konzistenci. Chuť je příjemná, typická. Celkový dojem je hodnocen jako průměrný.

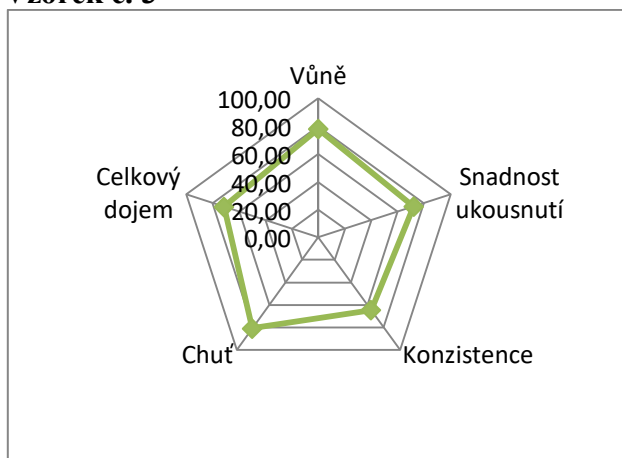
Vzorek č. 2



Obrázek č. 52 Senzorický profil vzorku č. 2

Vůně vzorku č. 2 s purpurovou pšenící je hodnocena spíše průměrně, je typická obilná. Ukousnutí opět mírně znesnadňuje přítomnost celých ovesných zrn. Konzistence je díky přítomnosti zrn lehce tužší. Chuťově je tato tyčinka hodnocena nadprůměrně. Chuť je příjemně sladká, sladová. Celkový dojem je hodnocen průměrně.

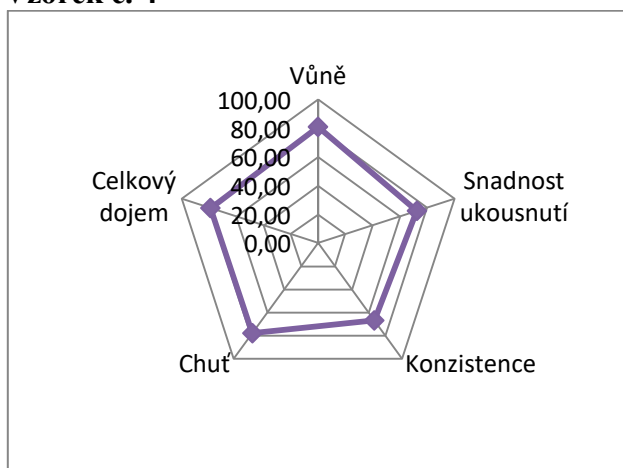
Vzorek č. 3



Obrázek č. 53 Senzorický profil vzorku č. 3

U vzorku s modrou pšenící je vůně hodnocena nadprůměrně. Je typická, příjemná a harmonická. Snadnost ukousnutí je hodnocena průměrně. Ukousnutí znesnadňují tvrdší ovesná zrna. Konzistence tohoto výrobku je hodnocena spíše průměrně. Je spíše tužší. Chuť je příjemná, nasládlá a typická. Celkový dojem je hodnocen průměrně.

Vzorek č. 4

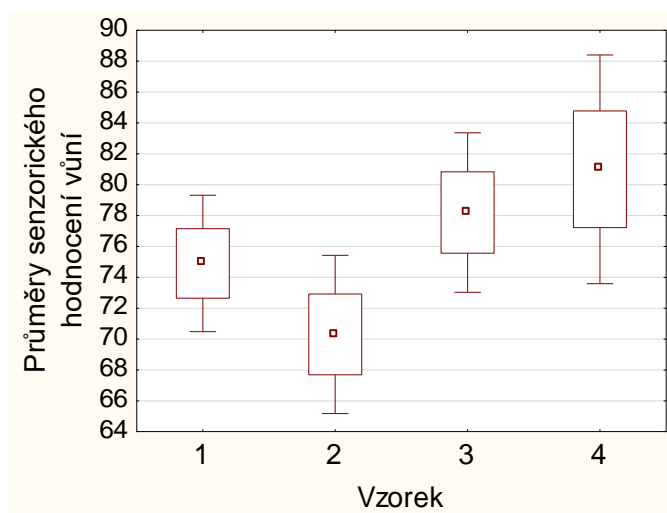


Obrázek č. 54 Senzorický profil vzorku č. 4

Nejlépe hodnoceným parametrem vzorku č. 4 je vůně, která je opět příjemná a typická. Snadnost ukousnutí je hodnocena podobně jako u předchozích vzorků. Je hodnocena průměrně, tyčinka jde ukousnout poměrně snadno. I v tomto případě je konzistence hodnocena jako mírně tuhá. Chut' je hodnocena průměrně, je příjemná, typická. Celkový dojem je hodnocen průměrně.

Statistické vyhodnocení

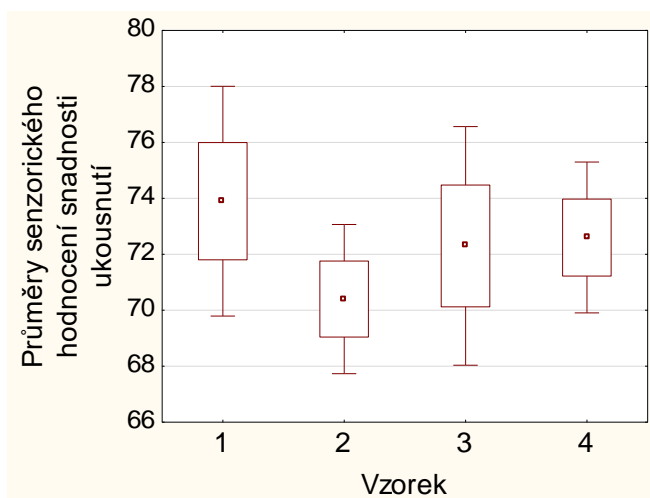
Vůně



Obrázek č. 55 Porovnání vůní cereálních tyčinek s přidavkem celých zrn nesladovaného ovsa

Vůně jednotlivých cereálních tyčinek se statisticky významně neliší ($p = 0,07$).

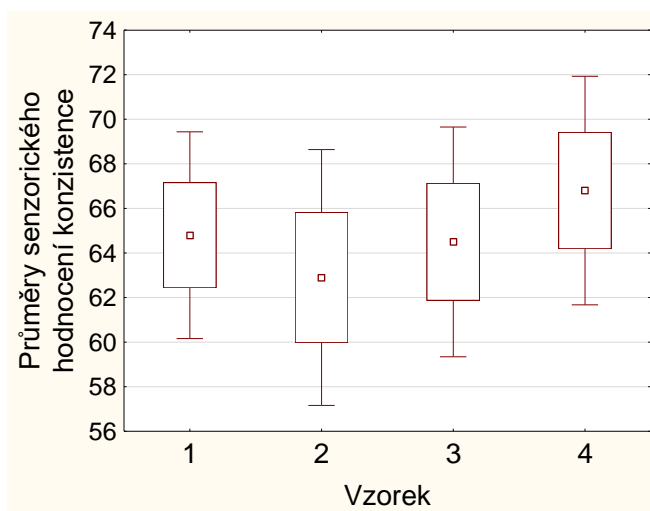
Snadnost ukousnutí



Obrázek č. 56 Porovnání snadnosti ukousnutí cereálních tyčinek s přidavkem celých zrn nesladovaného ovsa

Snadnost ukousnutí se u tyčinek významně neliší ($p = 0,58$).

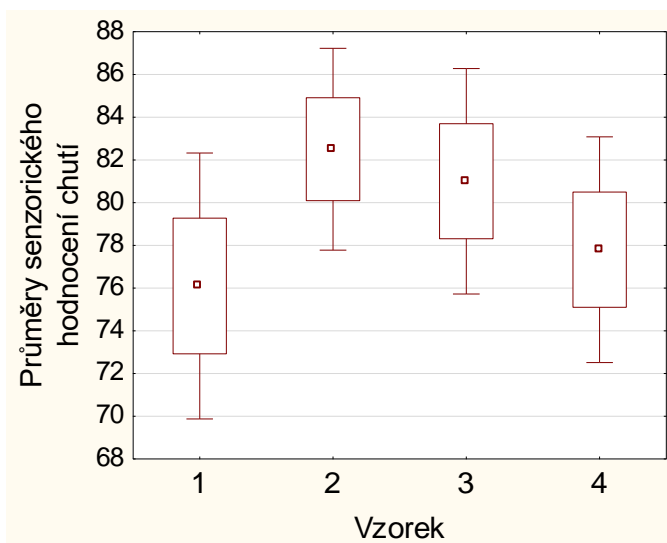
Konzistence



Obrázek č. 57 Porovnání konzistence cereálních tyčinek s přidavkem celých zrn nesladovaného ovsa

Z obrázku č. 57 je patrné, že konzistence je u všech tyčinek podobná, statisticky se významně neliší ($p = 0,78$).

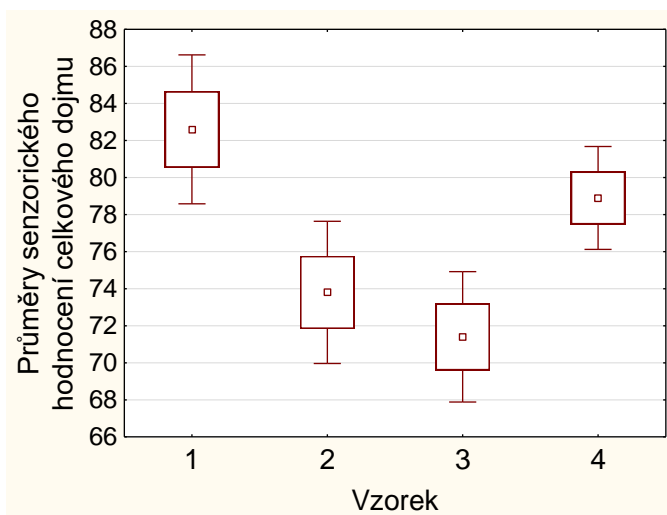
Chuť



Obrázek č. 58 Porovnání chutí cereálních tyčinek s přidavkem celých zrn nesladovaného ovsa

Chuťově se od sebe cereální tyčinky významně neliší ($p = 0,53$).

Celkový dojem



Obrázek č. 59 Porovnání celkového dojmu u cereálních tyčinek s přidavkem celých zrn nesladovaného ovsa

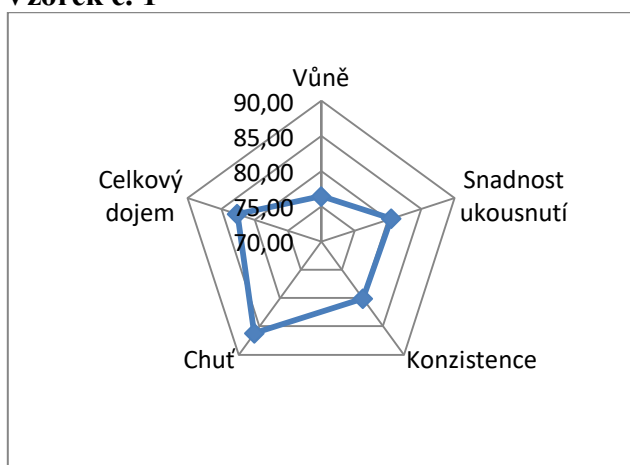
Hodnocení celkového dojmu se u jednotlivých tyčinek statisticky významně liší ($p = 0,00$). Pomocí post hoc Tukeyova testu byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi vzorky 1 a 2, 1 a 3, 3 a 4.

5.5.2 Senzorické hodnocení cereálních tyčinek s přidavkem ovesných vloček

U tyčinek s ovesnými vločkami byla taktéž hodnocena vůně, snadnost ukousnutí, konzistence, chuť a celkový dojem.

Místo zrn nesladovaného ovsa byly přidány ovesné vločky v kombinaci s pšeničnými slady. Vzorek č. 1 obsahuje slad z klasické pšenice, vzorek č. 2 slad z pšenice s purpurovým perikarpem (odrůda KM 618-14), vzorek č. 3 slad z pšenice s modrým aleuronem (odrůda Skorpion), vzorek č.4 slad z pšenice se žlutým endospermem (odrůda Citrus).

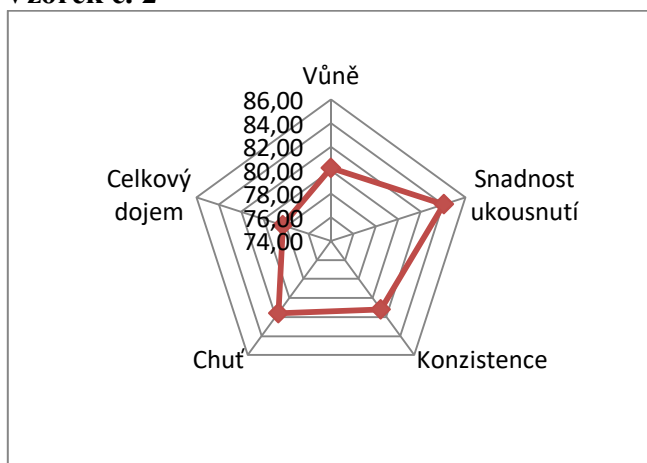
Vzorek č. 1



Obrázek č. 60 Senzorický profil vzorku č. 1

Vzorek č. 1 se sladem z klasické pšenice a ovesnými vločkami má příjemnou typickou vůni. Ukousnutí je snadné. Konzistence je měkká, lehce křupavá. Chuť je hodnocena nadprůměrně. Hodnotitelé se shodli, že chuť je příjemně sladká a harmonická. Celkový dojem je výborný.

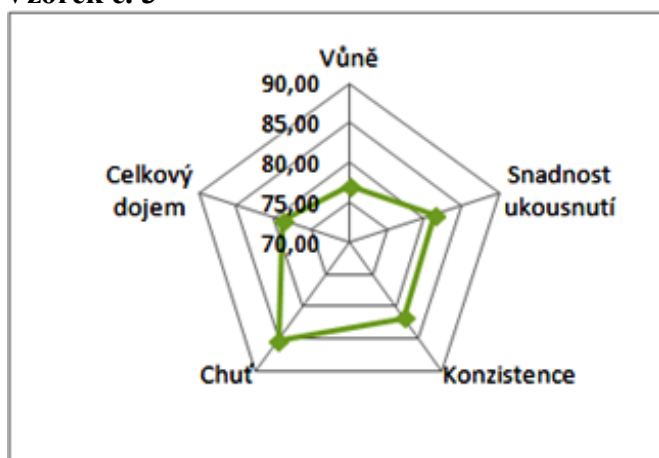
Vzorek č. 2



Obrázek č. 61 Senzorický profil vzorku č. 2

Vůně vzorku č. 2, který obsahuje slad z purpurové pšenice v kombinaci s ovesnými vločkami je příjemná, typická, obilná. Tyčinku lze ukousnout velmi snadno. Její konzistence je měkká. Nejlépe hodnoceným parametrem je chuť, která je příjemně sladká. Celkový dojem je výborný.

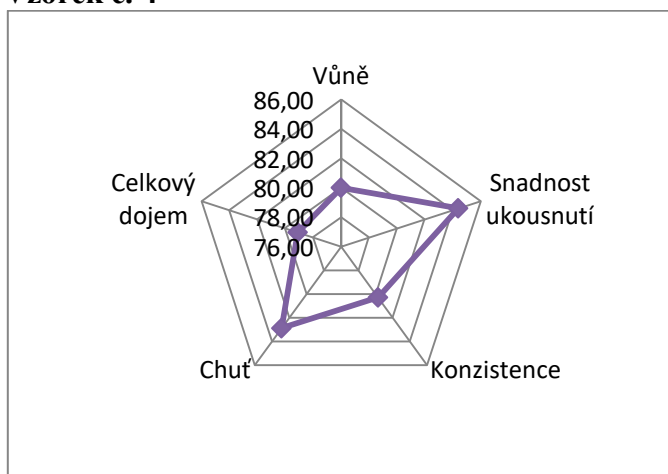
Vzorek č. 3



Obrázek č. 62 Senzorický profil vzorku č. 3

U vzorku s obsahem sladu z modré pšenice a ovesných vloček je nejlépe hodnoceným znakem chuť, která je typická, příjemná a sladká. Velmi dobře je také hodnocena snadnost ukousnutí a konzistence. Ukousnutí je velmi snadné, tyčinka je měkká. Celkový dojem je výborný.

Vzorek č. 4

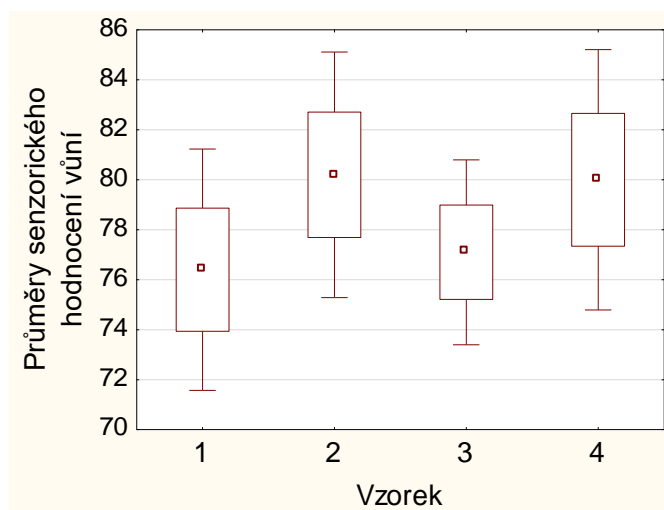


Obrázek č. 63 Senzorický profil vzorku č. 4

Vzorek s obsahem žluté pšenice je hodnocen výborně ve všech parametrech. Má příjemnou typickou vůni. Ukousnout jde velmi snadno. Konzistence je měkká. Chuť je opět příjemná, sladká. Celkový dojem je výborný.

Statistické vyhodnocení

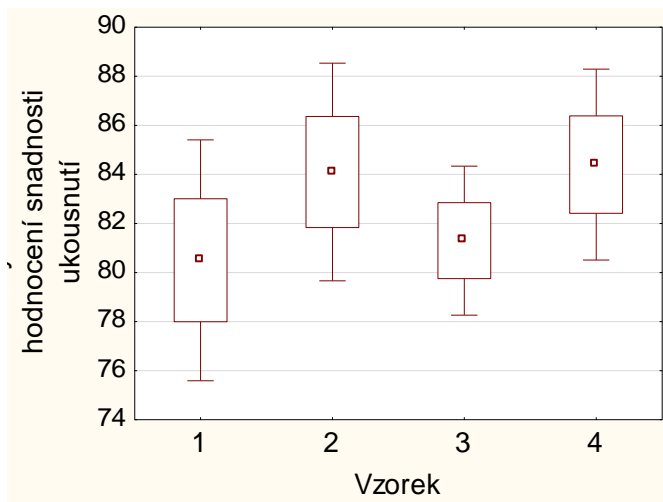
Vůně



Obrázek č. 64 Porovnání vůní cereálních tyčinek s přidavkem ovesných vloček

Vůně tyčinek s přidavkem ovesných vloček jsou podobné. Rozdíly mezi nimi nejsou statisticky průkazné ($p = 0,58$).

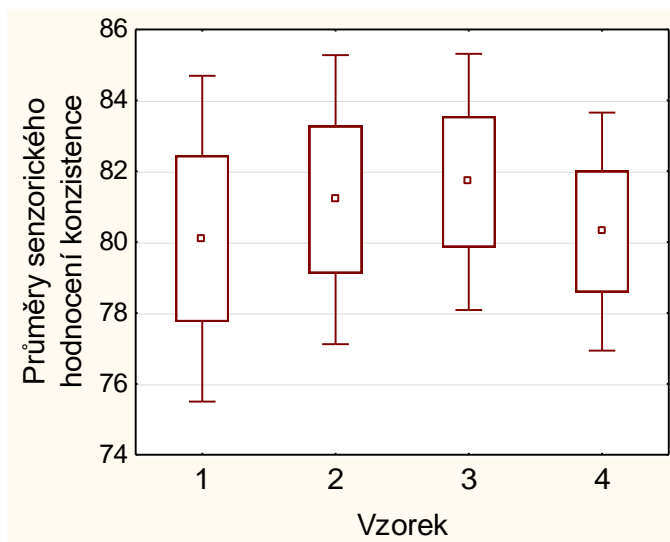
Snadnost ukousnutí



Obrázek č. 65 Porovnání snadnosti ukousnutí cereálních tyčinek s přidavkem ovesných vloček

U všech tyčinek s přidavkem ovesných vloček je snadnost ukousnutí hodnocena podobně. Nebyl prokázán statisticky významný rozdíl ($p = 0,46$).

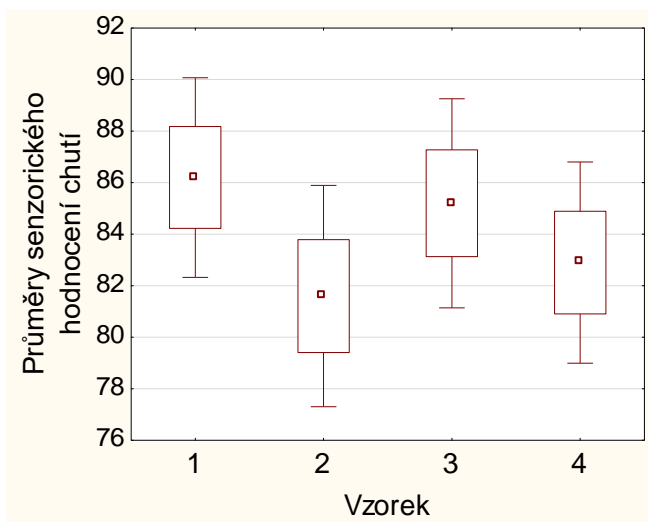
Konzistence



Obrázek č. 66 Porovnání konzistence cereálních tyčinek s přidavkem ovesných vloček

Z obrázku č. 66 vyplývá, že konzistence všech tyčinek s ovesnými vločkami jsou hodnoceny podobně. Rozdíl mezi nimi není statisticky významný ($p = 0,93$).

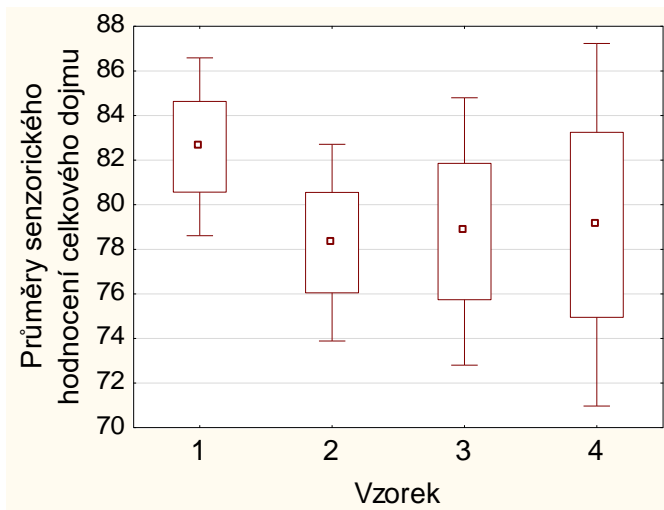
Chuť



Obrázek č. 67 Porovnání chutí cereálních tyčinek s přidavkem ovesných vloček

Bylo zjištěno, že rozdíl v chutích jednotlivých cereálních tyčinek s přidavkem ovesných vloček je statisticky neprůkazný ($p = 0,38$). Tyčinky se od sebe tedy chuťově významně neliší.

Celkový dojem

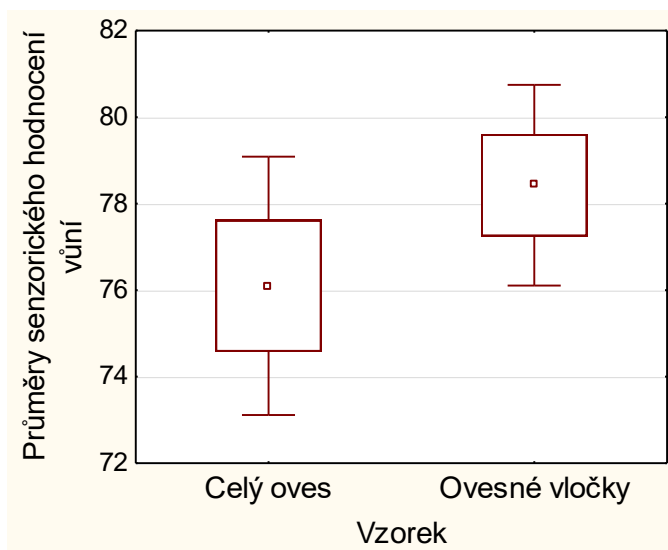


Obrázek č. 68 Porovnání celkového dojmu u cereálních tyčinek s přidavkem ovesných vloček

U všech tyčinek z ovesných vloček je celkový dojem hodnocen přibližně stejně. Rozdíl mezi nimi není statisticky významný ($p = 0,73$).

Porovnání cereálních tyčinek s přídavkem celých zrn nesladovaného ovsa a tyčinek s přídavkem ovesných vloček

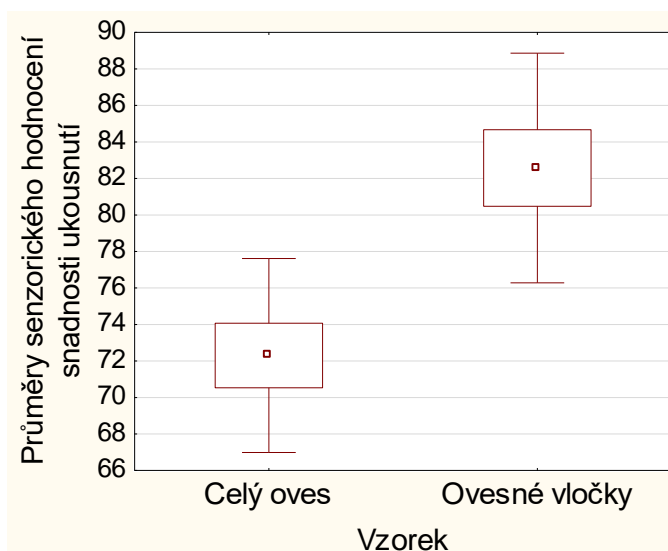
Vůně



Obrázek č. 69 Porovnání vůní cereálních tyčinek s přídavkem celých zrn nesladovaného ovsa a tyčinek s přídavkem ovesných vloček

Vůně se u obou druhů tyčinek od sebe významně neliší ($p = 0,23$).

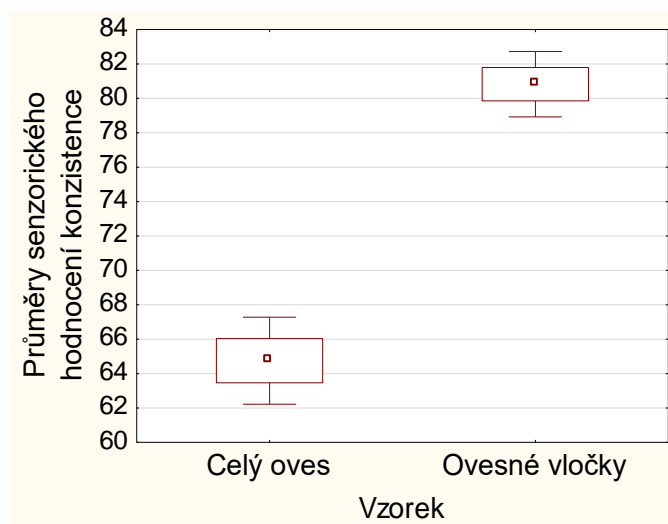
Snadnost ukousnutí



Obrázek č. 70 Porovnání snadnosti ukousnutí cereálních tyčinek s přídavkem celých zrn nesladovaného ovsa a tyčinek s přídavkem ovesných vloček

Snadnost ukousnutí se u tyčinek s přídavkem celých zrn nesladovaného ovsa a s přídavkem ovesných vloček statisticky významně liší ($p = 0,00$).

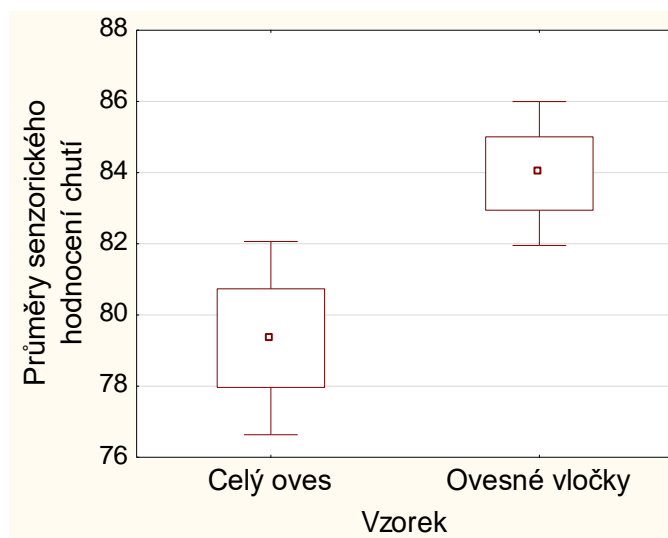
Konzistence



Obrázek č. 71 Porovnání konzistence cereálních tyčinek s přídavkem celých zrn nesladovaného ovsa a tyčinek s přídavkem ovesných vloček

Z obrázku č. 71 je názorně vidět, že se od sebe tyčinky svou konzistencí významně odlišují. Rozdíl mezi nimi je statisticky průkazný ($p = 0,00$).

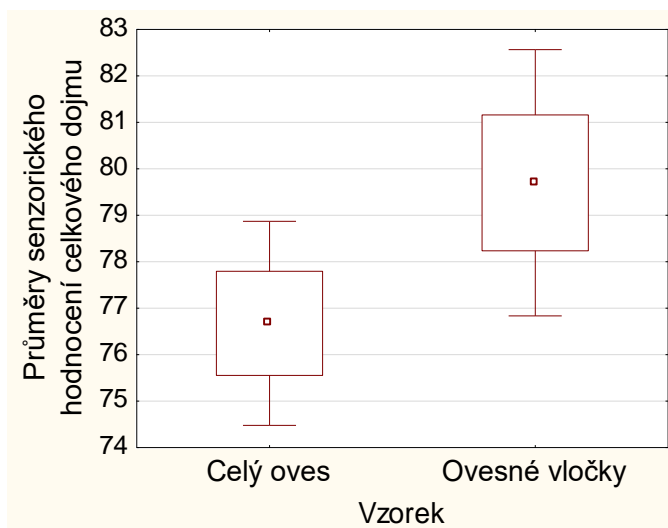
Chut'



Obrázek č. 72 Porovnání chutí cereálních tyčinek s přídavkem celých zrn nesladovaného ovsa a tyčinek s přídavkem ovesných vloček

Na obrázku č. 72 je znázorněno, že se od sebe tyčinky chuťově liší, tento rozdíl je statisticky průkazný ($p = 0,01$).

Celkový dojem



Obrázek č. 73 Porovnání celkového dojmu u cereálních tyčinek s přidavkem celých zrn nesladovaného ovsa a tyčinek s přidavkem ovesných vloček

Hodnocení celkového dojmu se u tyčinek statisticky významně neliší ($p = 0,1$).

6 ZÁVĚR

V literárním přehledu diplomové práce je popsána problematika týkající se barevných pšeníc, kterým je v poslední době věnována značná pozornost, a to kvůli jejich zvýšenému obsahu přírodních antioxidantních látek. Praktická část práce se zabývá výrobou a hodnocením produktů ze zesladovaných barevných pšeníc i ve spojení s konvenčními obilnými surovinami, kterými jsou klasická pšenice, oves, ovesné vločky a ječný slad.

Nejprve byla u použitých odrůd pšeníc provedena základní stanovení. Byla zjišťována hmotnost tisíce zrn, objemová hmotnost, vlhkost, sklovitost, obsah škrobu metodou dle Ewerse, obsah dusíkatých látek Kjeldahlovou metodou a klíčivost. Z jednotlivých odrůd pšeníc byly v mikroskladovně vyrobeny slady, u kterých bylo mimo výše zmíněných parametrů prováděno také stanovení doby zcukření a doby ztékání sladiny, stanovení extraktu sladiny, extraktu sladu a senzorické hodnocení sladiny.

Ze získaných sladů pšeníc byla vyrobena piva, u kterých bylo následně provedeno senzorické hodnocení. Nejlepší hodnocení získalo pivo ze sladu z klasické pšenice. Jeho barva nejvíce odpovídala stylu a významně se lišila od barvy ostatních piv. Toto pivo bylo také nejlepší po chuťové stránce a získalo nejvyšší hodnocení celkového dojmu. Piva z barevných pšeníc byla hodnocena jako méně vyhovující. Neodpovídala svou barvou a negativně působily i přítomné cizí chutě. Ze zjištěných poznatků vyplývá, že barevné pšenice nejsou k výrobě piv příliš vhodné.

Druhým výrobkem byla cereální mléka, která byla vyrobena z pšeničných sladů v kombinaci se surovým ovsem. Nejlepší hodnocení u mlék vyrobených rmutováním získalo mléko ze sladu z klasické pšenice, které nejlépe vyhovovalo svou barvou a chutí. Celkový dojem z mléka byl také nejlepší. Hodnocení cereálních mlék vyrobených za studena bylo velmi podobné. Průkazný rozdíl byl pouze u hodnocení barvy mlék, kdy výrazně lepší hodnocení získalo mléko vyrobené ze sladu z klasické pšenice. Při srovnání těchto dvou skupin byla významně lépe hodnocena mléka vyrobená rmutováním, a to zejména kvůli jejich příjemné nasládlé chuti a jemnější textuře. Tato cereální mléka jsou také výhodnější z nutričního hlediska, díky snadnějšímu přístupu výživových složek.

Třetím výrobkem byly cereální tyčinky vyrobené ze sladů v kombinaci s celým ovsem a ovesnými vločkami. Hodnocení tyčinek z jednotlivých odrůd pšenice bylo podobné. Rozdíl byl patrný pouze u hodnocení celkového dojmu tyčinek s celými zrny ovsa, kdy nejvyšší hodnocení získala tyčinka se sladem z klasické pšenice. Výrazně lepší hodnocení získaly tyčinky s ovesnými vločkami, a to zejména díky jejich sladší chuti, snadnosti ukousnutí a lepší konzistenci.

Závěrem lze říci, že použití barevných pšenice se ve výrobcích ve značné míře projeví. Tyto pšenice však mohou sloužit jako vhodná surovina pro výrobu různých produktů, a to zvláště díky jejich obsahovým látkám, které mohou mít příznivý vliv na lidské zdraví. Je ovšem nutné volit vhodný poměr barevných pšenice ve výrobcích, aby negativně neovlivňovaly jejich sensorické vlastnosti.

7 PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY

ABDEL-AAL, El-Sayed M. a Pierre HUCL, 2003: Composition and Stability of Anthocyanins in Blue-Grained Wheat. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* [online]. 51. s. 2174–2180 [vid. 2016-10-05]. Dostupné z DOI: 10.1021/jf021043x

ABDEL-AAL, El-Sayed M., J. Christopher YOUNG a Iwona RABALSKI, 2006: Anthocyanin Composition in Black, Blue, Pink, Purple, and Red Cereal Grains. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* [online]. 54. s. 4696–4704 [vid. 2016-10-25]. Dostupné z DOI: 10.1021/jf0606609

ABDEL-AAL, El-Sayed M. et al., 2008: Fractionation of Blue Wheat Anthocyanin Compounds and Their Contribution to Antioxidant Properties. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* [online]. 56. s. 11171–11177 [vid. 2016-10-25]. Dostupné z DOI: 10.1021/jf802168c

AMBALAMAATIL, Sumathi, Odean M. LUKOV a Linda J. MALCOLMSON, 2006: Quality attributes of Canadian hard white spring wheat. *Journal of Food Quality* [online]. s. 151–170 [vid. 2016-09-27]. Dostupné z DOI: 10.1111/j.1745-4557.2006.00064.x

BAMFORTH, Charles, 2003: *Beer: tap into the art and science of brewing*. 2. vyd. New York: Oxford University Press, 233 s. ISBN 0-19-515479-7.

BASAŘOVÁ, Gabriela a Jaroslav ČEPIČKA, 1985: *Sladařství a pivovarství*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 256 s.

BASAŘOVÁ, Gabriela et al., 2010: *Pivovarství: teorie a praxe výroby piva*. 1. vyd. Praha: Vydavatelství VŠCHT Praha, 863 s. ISBN 978-80-7080-734-7.

BASAŘOVÁ, Gabriela et al., 2015: *Sladařství: teorie a praxe výroby sladu*. 1. vyd. Praha: Havlíček Brain Team, 626 s. ISBN 978-80-87109-47-2.

BOULTON, Chris a David QUAIN, 2001: *Brewing yeast and fermentation*. 1. vyd. Oxford: Blackwell Science, 644 s. ISBN 0632054751.

BRÁNYIK, Tomáš, 2012: Pivovarství. In: KADLEC Pavel, Karel Melzoch a Michal Voldřich. *Přehled tradičních potravinářských výroby: technologie potravin*. 1. vyd. Ostrava: Key Publishing, s. 352 - 363. ISBN 978-80-7418-145-0.

BULKOVÁ, Věra, 2011: *Rostlinné potraviny*. 1. vyd. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 162 s. ISBN 978-80-7013-532-7.

BUREŠOVÁ, Iva a Eva LORENCOVÁ, 2013: *Výroba potravin rostlinného původu: zpracování obilovin*. 1. vyd. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 302 s. ISBN 978-80-7454-278-7.

BUREŠOVÁ, Veronika et al., 2015: Variation in genome composition of blue-aleurone wheat. *Theoretical and Applied Genetics* [online]. s. 273-282 [vid. 2016-10-11]. Dostupné z DOI: 10.1007/s00122-014-2427-3

BUSTOS, Daniela V., Ricardo RIEGEL a Daniel F. CALDERINI, 2012: Anthocyanin content of grains in purple wheat is affected by grain position, assimilate availability and agronomic management. *Journal of Cereal Science* [online]. s. 257-264 [vid. 2016-09-28].

Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521011002220>

DESWAL, Aastha, Navneet Singh DEORA a Hari Niwas MISHRA, 2014: Optimization of Enzymatic Production Process of Oat Milk Using Response Surface Methodology. *Food and Bioprocess Technology* [online]. s. 610-618 [vid. 2016-01-05]. Dostupné z DOI: 10.1007/s11947-013-1144-2

DOBROVOLSKAYA, O. et al., 2006: Microsatellite mapping of complementary genes for purple grain colour in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Euphytica* [online]. 150 (3). s. 355-364 [vid. 2016-10-05]. Dostupné z DOI: 10.1007/s10681-006-9122-7

DOSTÁLEK, Pavel, 2012: Sladařství. In: DOSTÁLEK, Pavel, Karel Melzoch a Michal Voldřich. *Přehled tradičních potravinářských výroby: technologie potravin*. 1. vyd. Ostrava: Key Publishing, s. 341 - 351. ISBN 978-80-7418-145-0.

FALTERMAIER, Andrea et al., 2014: Common wheat (*Triticum aestivum* L.) and its use as a brewing cereal - a review. *Journal of the Institute of Brewing* [online]. s. 1-15 [vid. 2016-10-19]. Dostupné z DOI: 10.1002/jib.107.

FICCO, Donatella B. M. et al., 2014a: Genetic Variability in Anthocyanin Composition and Nutritional Properties of Blue, Purple, and Red Bread (*Triticum aestivum* L.) and Durum (*Triticum turgidum* L. ssp. *turgidum* convar. *durum*) Wheats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. s. 8686-8695 [vid. 2016-09-28]. Dostupné z DOI: 10.1021/jf5003683

FICCO, Donatella B. M. et al., 2014b: The colours of durum wheat: a review. *Crop and Pasture Science* [online]. s. 1–15 [vid. 2016-10-19].
Dostupné z: <http://www.publish.csiro.au/CP/pdf/CP13293>

GARG, Monika et al., 2016: Transfer of grain colors to elite wheat cultivars and their characterization. *Journal of Cereal Science* [online]. s. 138-144 [vid. 2016-10-16].
Dostupné z <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521016301540>

GORDEEVA, E. I., O. Y. SHOEVA a E. K. KHLESTKINA, 2014: Marker-assisted development of bread wheat near-isogenic lines carrying various combinations of purple pericarp (Pp) alleles. *Euphytica* [online]. [vid. 2016-10-10]. Dostupné z DOI: 10.1007/s10681-014-1317-8

GRAYBOSCH, Robert A. et al., 2009: New Uses for Wheat and Modified Wheat Products. In: CARVER, Brett F. *Wheat: science and trade*. 1. vyd. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell. World agriculture series. ISBN 0-8138-2024-3.

GUO, M. et al., 2013: Effects of wheat protein compositions on malt quality. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods* [online]. s. 73-80 [vid. 2016-10-19]. Dostupné z DOI: 10.3920/qas2013.0247.

GUSTAFSON, Perry et al., 2009: Wheat Evolution, Domestication, and Improvement. In: CARVER, Brett F. *Wheat: science and trade*. 1. vyd. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell. World agriculture series. ISBN 0-8138-2024-3.

HASÍK, Tomáš, 2013: *Svět piva a piva světa*. 1. vyd. Praha: Grada, 125 s. ISBN 978-80-247-4648-7.

HAVRLETOVÁ, Michaela et al., 2014: Anthocyanins in wheat seed-a mini review. *Nova Biotechnologica et Chimica* [online]. 13 (1) [vid. 2016-10-10]. Dostupné z: <https://www.degruyter.com/downloadpdf/j/nbec.2014.13.issue-1/nbec-2014-0001/nbec-2014-0001.xml>

HIMI, Eiko, Ahmed NISAR a Kazuhiko NODA, 2005: Colour genes (*R* and *Rc*) for grain and coleoptile upregulate flavonoid biosynthesis genes in wheat. *Genome* [online]. s. 747-754 [vid. 2016-09-27]. Dostupné z DOI: 10.1139/g05-026

HOSSEINIAN, Farah S., Wende LI a Trust BETA, 2008: Measurement of anthocyanins and other phytochemicals in purple wheat. *Food Chemistry* [online]. s. 916-924 [vid. 2016-09-28].

Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814608000964>

HRUŠKOVÁ, M. et al., 2012: Hodnocení nových odrůd potravinářské pšenice se žlutým endospermem. *Mlynářské noviny* [online]. 1 (141). s. 4-6 [vid. 2016-11-05]. Dostupné z: http://www.svazmlynucr.cz/wp-content/uploads/2014/04/MN1_2012.pdf

HŘIVNA, Luděk, 2014: *Technologie sacharidů*. 1. vyd. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 157 s. ISBN 978-80-7509-022-5.

CHALLACOMBE, Carolyn A. et al., 2012: Influence of phenolic acid content on sensory perception of bread and crackers made from red or white wheat. *Journal of Cereal Science* [online]. 56 (2). s. 181-188 [vid. 2016-10-05]. Dostupné z DOI: 10.1016/j.jcs.2012.03.006

CHEN, Hongzhang a Yanjun LI, 2011: Primary Biorefinery of Wheat Straw. In: ALMEIDA, Maria T. *Wheat: genetics, crops and food production*. 1. vyd. New York: Nova Science Publishers, 430 s. ISBN 978-1-61209-307-9.

JANEČKOVÁ, Marie et al., 2014: Vliv přídavku otrub purpurové pšenice (odrůda Koniny) na vlastnosti pekárenských výrobků. In: *Nové poznatky z genetiky a šlechtění polnohospodářských rostlin. Zborník abstraktov z 21. medzinárodnej vedeckej konferencie*. Piešťany: Výskumný ústav rastlinnej výroby Piešťany, 46 s. ISBN 978-80-89417-56-8

JAROŠOVÁ, Alžběta, 2001: *Senzorické hodnocení potravin*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 84 s. ISBN 80-7157-539-9.

KHLESTKINA, E. K., M. S. RÖDER a A. BÖRNER, 2010: Mapping genes controlling anthocyanin pigmentation on the glume and pericarp in tetraploid wheat (*Triticum durum L.*). *Euphytica* [online]. 171(1). s. 65-69 [vid. 2016-10-05]. Dostupné z DOI: 10.1007/s10681-009-9994-4

KLECKEROVÁ, Andrea, 2014: *Chemie potravin: laboratorní cvičení*. 1. vyd. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 89 s. ISBN 978-80-7509-170-3.

KLUSÁČEK, Karel, 2015: *Pšeničný slad* [online]. Kounice u Českého Brodu [vid. 2015-10-19].

Dostupné z: <http://sladovnakounice.cz/index.php?page=97&subpage=true>

KNIEVEL, D. C., 2009: Grain color development and the inheritance of high anthocyanin blue aleurone and purple pericarp in spring wheat (*Triticum aestivum L.*). *Journal of Cereals Science* [online]. s. 113-120 [vid. 2016-09-28].

Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521009000496>

KOSAŘ, Karel a Stanislav PROCHÁZKA, 2012: *Technologie výroby sladu a piva*. 3. vyd., 2. na CD-ROM. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský. ISBN 978-80-86576-52-7.

KUČEROVÁ, Jindřiška, 2010: *Technologie cereálií*. 1. vyd. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 140 s. ISBN 978-80-7157-811-6.

LACHMAN, Jaromír, et al., 2003: Effect of accelerated ageing on the content and composition of polyphenolic complex of wheat (*Triticum aestivum* L.) grains. *Plant Soil and Environment* [online]. 49 (1). s. 1-7 [vid. 2016-09-28].

Dostupné z:

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.559.6506&rep=rep1&type=pdf>

LI, Xing-Pu et al., 2010: Identification of molecular markers linked to the genes for purple grain color in wheat (*Triticum aestivum*). *Genetic Resources and Crop Evolution* [online]. 57 (7), s. 1007-1012 [vid. 2016-10-10]. Dostupné z DOI: 10.1007/s10722-010-9542-z

LIU, Shubing et al., 2011: Dissection of genetic components of preharvest sprouting resistance in white wheat. *Molecular Breeding* [online]. 27 (4), s. 511-523 [vid. 2016-09-29]. Dostupné z DOI: 10.1007/s11032-010-9448-7

MARES, D. et al., 2005: A QTL located on chromosome 4A associated with dormancy in white- and red-grained wheats of diverse origin. *Theoretical and Applied Genetics* [online]. s. 1357-1364 [vid. 2016-09-29].

Dostupné z DOI: 10.1007/s00122-005-0065-5.

MARTINEK, Petr. et al., 2006: Netradiční barva obiliek pšenice (*Triticum aestivum* L.), její genetická podmíněnost a možnosti využití v potravinářství. In: UŽÍK, Martin. *Nové poznatky z genetiky a šlachtenia poľnohospodárskych rastlín*. Piešťany: Výskumný ústav rastlinnej výroby Piešťany, 120 s. ISBN 80-88872-57-X

MARTINEK, Petr et al., 2012a: Vliv evoluce a lidské činnosti na dosažení současné úrovně odrůd pšenice a odhad dalšího vývoje. In: ŠUDYOVÁ, Valéria. *Nové poznatky z genetiky a šlachtenia poľnohospodárskych rastlín*. Piešťany: Výskumný ústav rastlinnej výroby Piešťany, 90 s. ISBN 978-80-89417-41-4

MARTINEK, Petr. et al., 2012b: Skorpion-odrůda ozimé pšenice s modrým zrnem. *Obilnářské listy* [online]. 3 (2012). s. 78-79 [vid. 2016-09-29].

MARTINEK, Petr et al., 2013: Development of the New Winter Wheat Variety Skorpion with Blue Grain. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding* [online]. s. 90-94 [vid. 2016-10-11].

Dostupné z:

https://www.researchgate.net/publication/259990697_Use_of_wheat_gene_resources_with_different_grain_colour_in_breeding

MARTINEK, Petr. et al., 2014: Use of wheat gene resources with different grain colour in breeding. *Tagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs* [online]. 64 s. 75-78 [vid. 2016-10-05].

MUSILOVÁ, Milena et al., 2013: Genetic Variability for Coloured Caryopses in Common Wheat Varieties Determined by Microsatellite Markers. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding* [online]. 49 s. 116-122 [vid. 2016-10-17]. Dostupné z: <http://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/100533.pdf>

MUSILOVÁ, Milena, 2013: *Vyhledávání a charakteristika genů zodpovědných za modré zbarvení obilek pšenice seté (Triticum aestivum L.): disertační práce*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, 86 s. Vedoucí disertační práce Ladislav Havel.

PALMER, Geoffrey H., 2006: Barley and malt. In: PRIEST, Fergus G. a Graham G. STEWART. *Handbook of brewing*. Hoboken: CRS Press, s. 139 - 158 [vid. 2016-10-19]. eISBN 978-1-4200-1517-1. Dostupné z: <http://www.crcnetbase.com/isbn/978-0-8247-2657-7>.

PELIKÁN, Miloš, Drahomír MÍŠA a František DUDÁŠ, 2002: *Technologie kvasného průmyslu*. 2. nezm. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 129 s. ISBN 80-7157-578-x.

POSPIECH, Matej et al., 2014: *Skladba a struktura potravin*. 1. vyd. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 100 s. ISBN 978-80-7305-694-0.

PROKEŠ, Josef, 2000: Technologický význam dusíkatých látek v ječmeni a sladu. *Kvasný průmysl* [online]. 46 (10). s. 277-279 [vid. 2016-10-19]. ISSN 0023-5830. Dostupné z: <http://www.kvasnyprumysl.cz/cz/journal/2000/10/>.

PRUGAR, Jaroslav, 2008: *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí*. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský ve spolupráci s komisí jakosti rostlinných produktů ČAZV, 327 s. ISBN 978-80-86576-28-2.

PSOTA, Vratislav a Karel VEJRAŽKA, 2006: Fyzikální vlastnosti obilek ječmene a zrn sladu. *Kvasný průmysl* [online]. 52 (5) s. 148-15 [vid. 2017-02-01]. ISSN 0023-5830. Dostupné z: <http://www.kvasnyprumysl.cz/pdfs/kpr/2006/05/02.pdf>

QASEM, Jamal R., 2011: Weed Management in Wheat: A Review. In: ALMEIDA, Maria T. *Wheat: genetics, crops and food production*. 1. vyd. New York: Nova Science Publishers, 430 s. ISBN 978-1-61209-307-9.

RÜCKSCHLOSS, L., A. HANKOVÁ a K. MATÚŠKOVÁ, 2014: Súčasný stav šľachtenia pšeníc na Slovensku. *Pšenice 2014 „Rez nikdy nespí“* [online]. s. 16-22 [vid. 2016-11-02]. ISBN: 978-80-7427-157-1.

Dostupné z: <https://www.vurv.cz/sites/File/Publications/ISBN978-80-7427-157-1.pdf>

SERNA-SALDIVAR, Sergio O., 2010: *Cereal Grains: Properties, Processing, and Nutritional Attributes*. 1. vyd. Boca Raton, Florida: CRC Press/Taylor & Francis, 747 s. ISBN 978-1-4398-1560-1.

SKOUPIL, Jan, 1994: *Suroviny na výrobu pečiva*. 1. vyd. Pardubice: Kora, 211 s. ISBN 80-85644-07-X.

SLABÝ, Karel a Petra KREJČÍ, 2005: *Anatomie a morfologie rostlin: (návodů do cvičení)*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 93 s. ISBN 80-7157-873-8.

ŠTIASNA, K. et al., 2014: Barevné pšenice - studium genetických aspektů a potravinářského využití. *Pšenice 2014 „Rez nikdy nespí“* [online]. s. 89-94 [vid. 2016-09-28]. ISBN: 978-80-7427-157-1.

Dostupné z: <https://www.vurv.cz/sites/File/Publications/ISBN978-80-7427-157-1.pdf>

ŠULOVÁ, Radvana, 2011: Zavedení metody stanovení β -karotenu ve vybraných odrůdách pšenice. In: STRÍŽOVÁ, Iva. *Bulletin 2011*. Brno: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, 48 s. ISSN 1801-9196.

TAUFEROVÁ, Alexandra, 2014: *Technologie a hygiena potravin rostlinného původu I., II.* 1. vyd. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 168 s. ISBN 978-80-7305-692-6.

TERESHCHENKO, O. U., V. S. ARBUZOVA a E. K. KHLESTKINA, 2013: Allelic state of the genes conferring purple pigmentation in different wheat organs predetermines transcriptional activity of the anthocyanin biosynthesis structural genes. *Journal of Cereal Science* [online]. s. 10-13 [vid. 2016-10-10]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521012002081>

TROJAN, Václav, et al., 2010: The genetic variability of coloured grain wheat collection. *MendelNet 2010* [online]. s. 845-851 [vid. 2016-09-28]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_291_mendelnet/mendelnet2010/articles/19_trojan_379.pdf

TROJAN, Václav et al., 2011: Storage of anthocyanins in caryopses of common wheat (*Triticum aestivum* L.). *MendelNet 2011* [online]. s. 726-733 [vid. 2016-11-05]. Dostupné z: https://mnet.mendelu.cz/mendelnet2011/articles/27_trojan_485.pdf

TROJAN, Václav, 2014: *Vyhledávání a charakteristika genů zodpovědných za purpurové zbarvení pšenice seté (Triticum aestivum L.): disertační práce*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, 100 s. Vedoucí disertační práce Ladislav Havel.

VERHOEF, Berry, 2003: *Velká encyklopedie piva*. 1. vyd., Čestlice: Rebo Productions, 447 s. ISBN 80-7234-283-5.

WATTS, B. et al., 2011: Flavor properties of pan and pita breads made from red and white hard spring wheats. *Journal of Food Quality* [online]. 35 (1). s. 60-68 [vid. 2016-10-05]. Dostupné z DOI: 10.1111/j.1745-4557.2011.00426.x

ZHENG, Qi et al., 2009: Utilization of blue-grained character in wheat breeding derived from *Thinopyrum poticum*. *Journal of Genetics and Genomics*. [online]. 36. s. 575-580 [vid. 2016-10-13]. Dostupné z DOI: 10.1016/S1673-8527(08)60149-6

ZIMOLKA, Josef, 2005: *Pšenice: pěstování, hodnocení a užití zrna*. 1. vyd. Praha: Profi Press, 180 s. ISBN 80-86726-09-6.

ŽOFAJOVÁ, Alžběta et al., 2012: Accumulation of Total Anthocyanins in Wheat Grain. *Agriculture* [online]. 58 (2). s. 50-56 [vid 2016-10-13]. Dostupné z DOI: 10.2478/v10207-012-0006-7

ČSN 46 1100: *Obiloviny potravinářské: Pšenice potravinářská. Část 2*. Praha: Český normalizační institut.

8 SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obrázek č. 1 Příčný řez obilkou pšenice seté (Musilová, 2013)
- Obrázek č. 2 Zjednodušené schéma biosyntézy antokyanů (Musilová, 2013)
- Obrázek č. 3 Příčný řez obilkou s purpurovým perikarpem - genotyp ANK - 28B, měřítko 200 μm (Trojan, 2014)
- Obrázek č. 4 Příčný řez obilkou s modrým aleuronem - genotyp Tschermaks Blaukörniger Sommerweizen, měřítko 200 μm (Trojan et al., 2011)
- Obrázek č. 5 Senzorický profil vzorku č. 1
- Obrázek č. 6 Senzorický profil vzorku č. 2
- Obrázek č. 7 Senzorický profil vzorku č. 3
- Obrázek č. 8 Senzorický profil vzorku č. 4
- Obrázek č. 9 Porovnání barev pšeničných piv
- Obrázek č. 10 Porovnání vůní pšeničných piv
- Obrázek č. 11 Porovnání cizích vůní pšeničných piv
- Obrázek č. 12 Porovnání pěny pšeničných piv
- Obrázek č. 13 Porovnání chutí pšeničných piv
- Obrázek č. 14 Porovnání cizích chutí pšeničných piv
- Obrázek č. 15 Porovnání hořkosti pšeničných piv
- Obrázek č. 16 Porovnání uplívání hořkosti pšeničných piv
- Obrázek č. 17 Porovnání plnosti pšeničných piv
- Obrázek č. 18 Porovnání řízu pšeničných piv
- Obrázek č. 19 Porovnání celkového dojmu u pšeničných piv
- Obrázek č. 20 Zastoupení sacharidů mladín
- Obrázek č. 21 Zastoupení sacharidů piv
- Obrázek č. 22 Zastoupení alkoholů piv
- Obrázek č. 23 Senzorický profil vzorku č. 1
- Obrázek č. 24 Senzorický profil vzorku č. 2
- Obrázek č. 25 Senzorický profil vzorku č. 3
- Obrázek č. 26 Senzorický profil vzorku č. 4
- Obrázek č. 27 Porovnání barev cereálních mlék vyrobených rmutováním
- Obrázek č. 28 Porovnání vůní cereálních mlék vyrobených rmutováním
- Obrázek č. 29 Porovnání cizích vůní cereálních mlék vyrobených rmutováním

Obrázek č. 30 Porovnání textury cereálních mlék vyrobených rmutováním

Obrázek č. 31 Porovnání chutí cereálních mlék vyrobených rmutováním

Obrázek č. 32 Porovnání celkového dojmu u cereálních mlék vyrobených rmutováním

Obrázek č. 33 Senzorický profil vzorku č. 1

Obrázek č. 34 Senzorický profil vzorku č. 2

Obrázek č. 35 Senzorický profil vzorku č. 3

Obrázek č. 36 Senzorický profil vzorku č. 4

Obrázek č. 37 Porovnání barev cereálních mlék vyrobených za studena

Obrázek č. 38 Porovnání vůní cereálních mlék vyrobených za studena

Obrázek č. 39 Porovnání cizích vůní cereálních mlék vyrobených za studena

Obrázek č. 40 Porovnání textury cereálních mlék vyrobených za studena

Obrázek č. 41 Porovnání chutí cereálních mlék vyrobených za studena

Obrázek č. 42 Porovnání celkového dojmu u cereálních mlék vyrobených za studena

Obrázek č. 43 Porovnání barev cereálních mlék vyrobených rmutováním a za studena

Obrázek č. 44 Porovnání vůní cereálních mlék vyrobených rmutováním a za studena

Obrázek č. 45 Porovnání cizích vůní cereálních mlék vyrobených rmutováním a za studena

Obrázek č. 46 Porovnání textury cereálních mlék vyrobených rmutováním a za studena

Obrázek č. 47 Porovnání chutí cereálních mlék vyrobených rmutováním a za studena

Obrázek č. 48 Porovnání celkového dojmu u cereálních mlék vyrobených rmutováním a za studena

Obrázek č. 49 Zastoupení sacharidů cereálních mlék vyrobených rmutováním

Obrázek č. 50 Zastoupení sacharidů cereálních mlék vyrobených za studena

Obrázek č. 51 Senzorický profil vzorku č. 1

Obrázek č. 52 Senzorický profil vzorku č. 2

Obrázek č. 53 Senzorický profil vzorku č. 3

Obrázek č. 54 Senzorický profil vzorku č. 4

Obrázek č. 55 Porovnání vůní cereálních tyčinek s přidavkem celých zrn nesladovaného ovsa

Obrázek č. 56 Porovnání snadnosti ukousnutí cereálních tyčinek s přidavkem celých zrn nesladovaného ovsa

Obrázek č. 57 Porovnání konzistence cereálních tyčinek s přidavkem celých zrn nesladovaného ovsa

Obrázek č. 58 Porovnání chutí cereálních tyčinek s přidavkem celých zrn nesladovaného ovsa

Obrázek č. 59 Porovnání celkového dojmu u cereálních tyčinek s přidavkem celých zrn nesladovaného ovsa

Obrázek č. 60 Senzorický profil vzorku č. 1

Obrázek č. 61 Senzorický profil vzorku č. 2

Obrázek č. 62 Senzorický profil vzorku č. 3

Obrázek č. 63 Senzorický profil vzorku č. 4

Obrázek č. 64 Porovnání vůní cereálních tyčinek s přidavkem ovesných vloček

Obrázek č. 65 Porovnání snadnosti ukousnutí cereálních tyčinek s přidavkem ovesných vloček

Obrázek č. 66 Porovnání konzistence cereálních tyčinek s přidavkem ovesných vloček

Obrázek č. 67 Porovnání chutí cereálních tyčinek s přidavkem ovesných vloček

Obrázek č. 68 Porovnání celkového dojmu u cereálních tyčinek s přidavkem ovesných vloček

Obrázek č. 69 Porovnání vůní cereálních tyčinek s přidavkem celých zrn nesladovaného ovsa a tyčinek s přidavkem ovesných vloček

Obrázek č. 70 Porovnání snadnosti ukousnutí cereálních tyčinek s přidavkem celých zrn nesladovaného ovsa a tyčinek s přidavkem ovesných vloček

Obrázek č. 71 Porovnání konzistence cereálních tyčinek s přidavkem celých zrn nesladovaného ovsa a tyčinek s přidavkem ovesných vloček

Obrázek č. 72 Porovnání chutí cereálních tyčinek s přidavkem celých zrn nesladovaného ovsa a tyčinek s přidavkem ovesných vloček

Obrázek č. 73 Porovnání celkového dojmu u cereálních tyčinek s přidavkem celých zrn nesladovaného ovsa a tyčinek s přidavkem ovesných vloček

9 SEZNAM ZKRATEK

FAO - Food and Agriculture Organization

HPLC - High Performance Liquid Chromatography

°Bx - stupně Brix

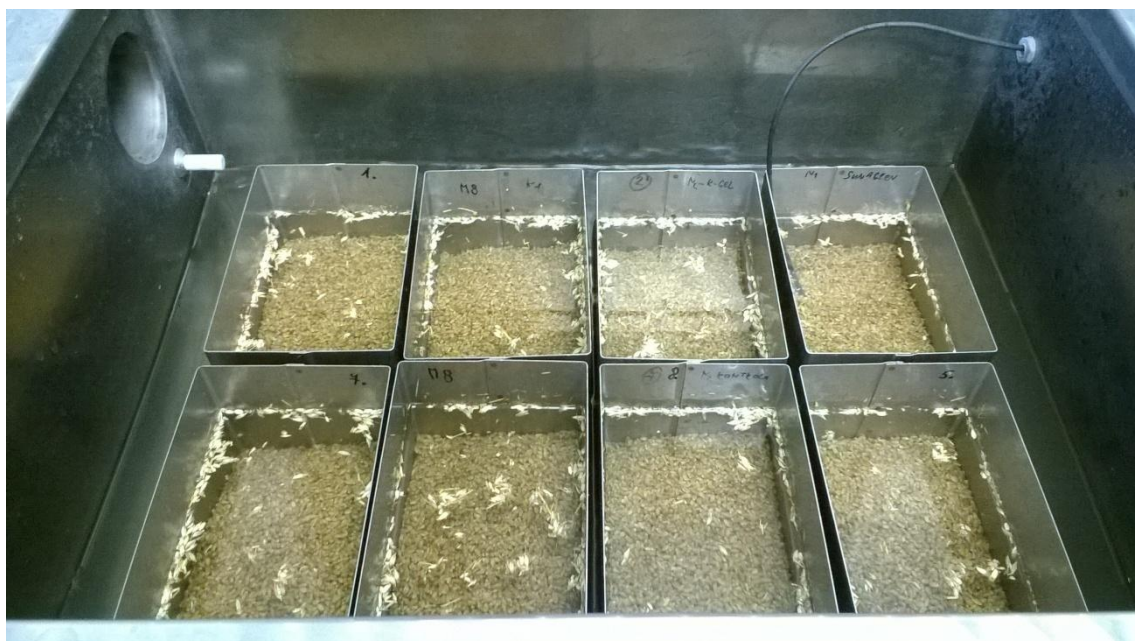
IBU - International Bitterness Unit

EBC - European Brewery Convention

10 PŘÍLOHY



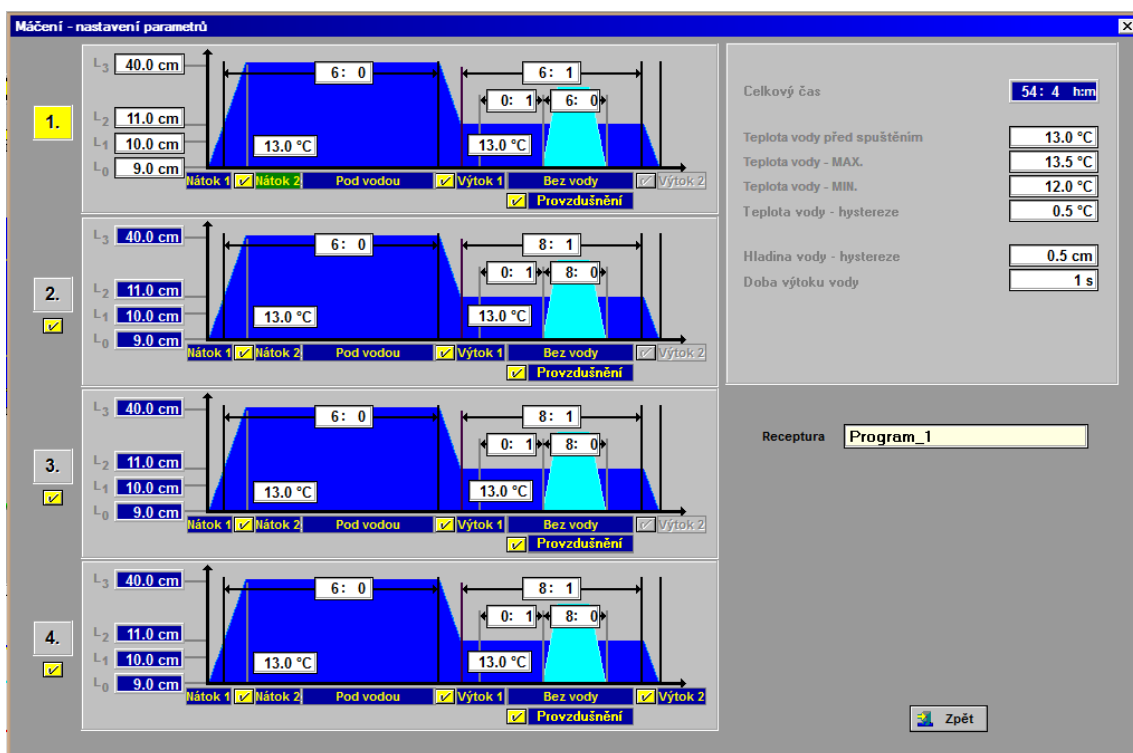
Příloha č. 1 Mikroskladovna Mendelovy univerzity



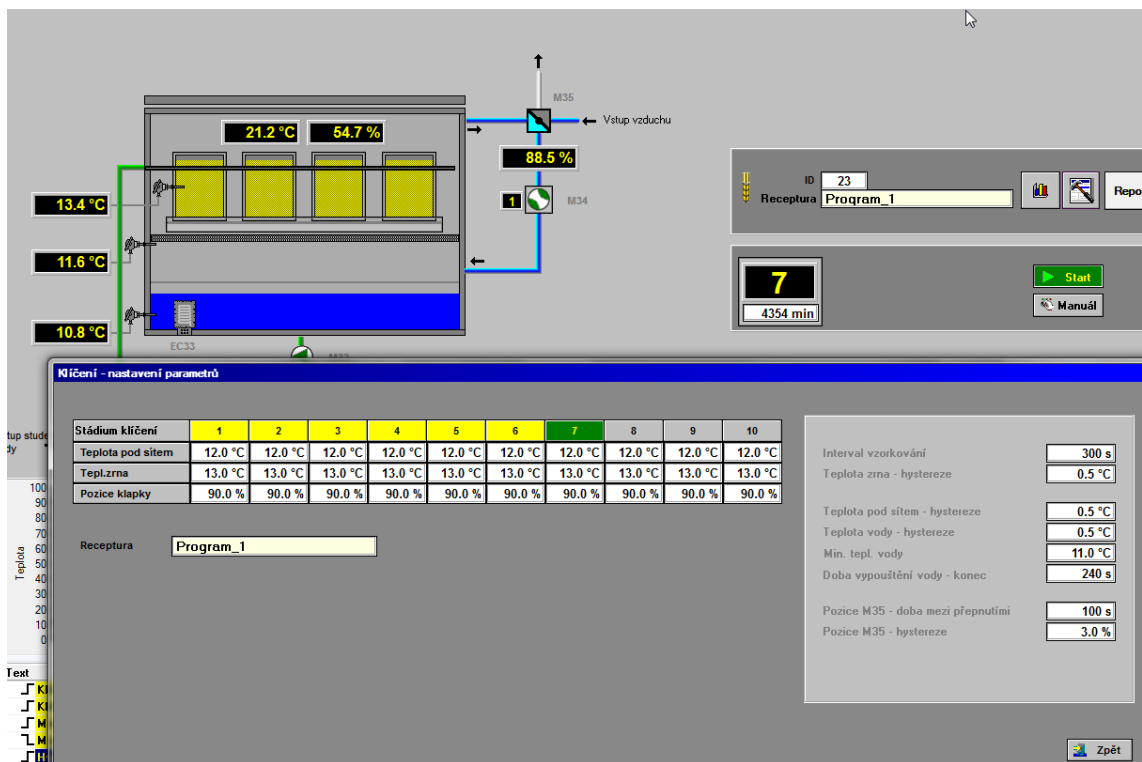
Příloha č. 2 První fáze sladování - máčení



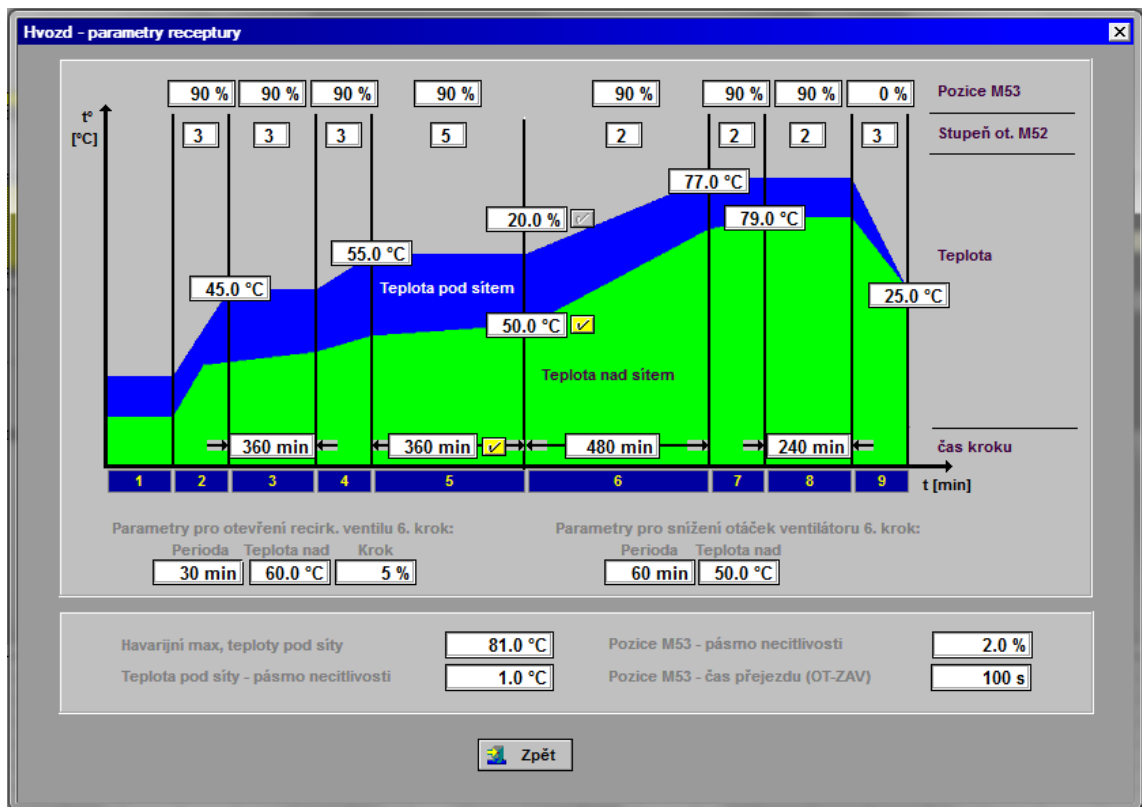
Příloha č. 3 Odhvozděný neodklíčkový slad



Příloha č. 4 Průběh máčení



Příloha č. 5 Průběh klíčení



Příloha č. 6 Průběh hvozdní



Příloha č. 7 Zařízení pro odklíčkování



Příloha č. 8 Hořké kaly



Příloha č. 9 Chlazení vyrobené mladiny



Příloha č. 10 Hotové pivo



Příloha č. 11 Rmutovací lázeň



Příloha č. 12 Cereální mléka vyrobená rmutováním



Příloha č. 13 Cereální mléka vyrobená za studena



Příloha č. 14 Cereální tyčinky



Příloha č. 15 Kapalinová chromatografie

	Průměr a směrodatná odchylka od průměru			
	Vzorek č. 1	Vzorek č. 2	Vzorek č. 3	Vzorek č. 4
Barva	86,40 ± 12,14	57,00 ± 13,07	63,20 ± 9,61	68,80 ± 10,88
Vůně	89,90 ± 5,38	82,20 ± 11,20	77,90 ± 13,55	83,60 ± 8,86
Cizí vůně	12,20 ± 7,51	17,60 ± 6,54	16,50 ± 7,20	16,80 ± 6,86
Pěna	55,40 ± 17,03	61,20 ± 9,93	64,40 ± 8,06	63,90 ± 8,25
Chuť	82,90 ± 10,66	77,20 ± 11,31	78,90 ± 8,90	85,00 ± 10,77
Cizí chuť	9,00 ± 6,46	14,90 ± 6,62	15,10 ± 10,14	13,70 ± 10,98
Hořkost	86,80 ± 6,73	81,60 ± 7,52	84,40 ± 7,99	81,90 ± 7,34
Ulpívání hořkosti	78,00 ± 11,32	79,90 ± 5,78	72,70 ± 9,20	81,20 ± 9,02
Plnost	75,80 ± 13,53	79,60 ± 11,61	84,20 ± 9,35	83,90 ± 7,58
Říz	61,90 ± 9,95	68,40 ± 12,21	63,90 ± 10,93	68,40 ± 6,60
Celkový dojem	87,20 ± 5,59	71,60 ± 10,92	66,00 ± 9,71	80,80 ± 5,77

Příloha č. 16 Výsledek senzoričké analýzy piv

	Průměr a směrodatná odchylka od průměru			
Sacharidy [%]	Vzorek č. 1	Vzorek č. 2	Vzorek č. 3	Vzorek č. 4
Oligosacharidy	4,04 ± 0,08	4,35 ± 0,04	4,33 ± 0,03	4,08 ± 0,04
Maltotrióza	2,19 ± 0,05	1,92 ± 0,03	2,21 ± 0,02	2,19 ± 0,04
Maltóza	12,38 ± 0,04	11,28 ± 0,03	12,04 ± 0,08	12,24 ± 0,02
Glukóza	3,54 ± 0,06	2,44 ± 0,03	3,21 ± 0,02	2,86 ± 0,05
Fruktóza	0,32 ± 0,01	0,26 ± 0,04	0,32 ± 0,02	0,25 ± 0,04

Příloha č. 17 Zastoupení sacharidů mladín

	Průměr a směrodatná odchylka od průměru			
Sacharidy [%]	Vzorek č. 1	Vzorek č. 2	Vzorek č. 3	Vzorek č. 4
Oligosacharidy	3,85 ± 0,04	4,15 ± 0,04	4,10 ± 0,02	4,00 ± 0,03
Maltotrióza	1,83 ± 0,02	1,40 ± 0,03	2,10 ± 0,04	2,09 ± 0,04
Maltóza	0,51 ± 0,01	0,30 ± 0,04	0,58 ± 0,04	0,43 ± 0,03
Glukóza	0,10 ± 0,01	0,17 ± 0,03	0,10 ± 0,02	0,10 ± 0,01

Příloha č. 18 Zastoupení sacharidů pív

	Průměr a směrodatná odchylka od průměru			
Alkohol [%]	Vzorek č. 1	Vzorek č. 2	Vzorek č. 3	Vzorek č. 4
Glycerol	0,44 ± 0,03	0,57 ± 0,03	0,49 ± 0,03	0,38 ± 0,02
Ethanol	3,44 ± 0,04	3,68 ± 0,01	3,44 ± 0,02	3,50 ± 0,03

Příloha č. 19 Zastoupení alkoholů pív

	Průměr a směrodatná odchylka od průměru			
	Vzorek č. 1	Vzorek č. 2	Vzorek č. 3	Vzorek č. 4
Barva	54,30 ± 7,32	47,10 ± 6,38	43,20 ± 3,61	56,10 ± 6,81
Vůně	78,30 ± 8,11	78,20 ± 7,08	69,40 ± 11,21	78,00 ± 8,89
Cizí vůně	12,10 ± 4,48	11,20 ± 5,51	10,30 ± 3,40	8,80 ± 1,81
Textura	78,80 ± 8,12	75,60 ± 5,27	70,50 ± 6,00	74,40 ± 6,08
Chuť	86,30 ± 6,20	65,50 ± 4,60	69,40 ± 5,85	74,70 ± 6,00
Celkový dojem	82,80 ± 6,60	72,50 ± 4,70	75,20 ± 8,59	78,10 ± 3,84

Příloha č. 20 Výsledek sensorické analýzy cereálních mlék vyrobených rmutováním

	Průměr a směrodatná odchylka od průměru			
	Vzorek č. 1	Vzorek č. 2	Vzorek č. 3	Vzorek č. 4
Barva	83,60 ± 4,77	69,10 ± 9,17	72,30 ± 13,01	72,60 ± 9,42
Vůně	73,10 ± 8,31	81,90 ± 7,67	78,70 ± 13,18	74,10 ± 9,19
Cizí vůně	17,60 ± 11,50	10,00 ± 4,52	9,60 ± 6,10	13,50 ± 10,36
Textura	62,20 ± 12,35	65,20 ± 10,28	66,20 ± 9,45	67,40 ± 9,87
Chuť	60,90 ± 14,19	68,80 ± 12,04	70,60 ± 8,41	60,50 ± 18,55
Celkový dojem	54,20 ± 16,48	62,60 ± 15,78	66,50 ± 13,87	57,20 ± 18,61

Příloha č. 21 Výsledek senzorycké analýzy cereálních mlék vyrobených za studena

	Průměr a směrodatná odchylka od průměru			
Sacharidy [%]	Vzorek č. 1	Vzorek č. 2	Vzorek č. 3	Vzorek č. 4
Oligosacharidy	2,00 ± 0,02	1,98 ± 0,03	1,96 ± 0,08	1,96 ± 0,02
Maltotrióza	0,84 ± 0,03	0,81 ± 0,01	0,77 ± 0,02	0,89 ± 0,04
Maltóza	6,82 ± 0,01	6,16 ± 0,06	6,41 ± 0,06	6,39 ± 0,03
Glukóza	1,06 ± 0,09	0,93 ± 0,04	0,89 ± 0,04	0,87 ± 0,04
Fruktóza	0,07 ± 0,00	0,07 ± 0,01	0,07 ± 0,00	0,04 ± 0,01

Příloha č. 22 Zastoupení sacharidů cereálních mlék vyrobených rmutováním

	Průměr a směrodatná odchylka od průměru			
Sacharidy [%]	Vzorek č. 1	Vzorek č. 2	Vzorek č. 3	Vzorek č. 4
Oligosacharidy	0,33 ± 0,02	0,29 ± 0,01	0,33 ± 0,01	0,31 ± 0,03
Maltotrióza	0,20 ± 0,02	0,13 ± 0,03	0,17 ± 0,03	0,16 ± 0,02
Maltóza	0,94 ± 0,02	0,78 ± 0,04	0,86 ± 0,01	0,90 ± 0,03
Glukóza	0,64 ± 0,02	0,47 ± 0,04	0,53 ± 0,03	0,57 ± 0,01
Fruktóza	0,28 ± 0,01	0,42 ± 0,03	0,15 ± 0,02	0,13 ± 0,01

Příloha č. 23 Zastoupení sacharidů cereálních mlék vyrobených za studena

	Průměr a směrodatná odchylka od průměru			
	Vzorek č. 1	Vzorek č. 2	Vzorek č. 3	Vzorek č. 4
Vůně	74,90 ± 7,13	70,30 ± 8,27	78,20 ± 8,34	81,00 ± 11,95
Snadnost ukousnutí	73,90 ± 6,62	70,40 ± 4,30	72,30 ± 6,88	72,60 ± 4,35
Konzistence	64,80 ± 7,48	62,90 ± 9,26	64,50 ± 8,32	66,80 ± 8,27
Chuť	76,10 ± 10,04	82,50 ± 7,62	81,00 ± 8,51	77,80 ± 8,52
Celkový dojem	82,60 ± 6,48	73,80 ± 6,20	71,40 ± 5,68	78,90 ± 4,48

Příloha č. 24 Výsledek senzoričké analýzy cereálních tyčinek s přidavkem celých zrn nesladovaného ovsa

	Průměr a směrodatná odchylka od průměru			
	Vzorek č. 1	Vzorek č. 2	Vzorek č. 3	Vzorek č. 4
Vůně	76,40 ± 7,79	80,20 ± 7,93	77,10 ± 5,97	80,00 ± 8,41
Snadnost ukousnutí	80,50 ± 7,92	84,10 ± 7,16	81,30 ± 4,90	84,40 ± 6,28
Konzistence	80,10 ± 7,42	81,20 ± 6,58	81,70 ± 5,83	80,30 ± 5,42
Chuť	86,20 ± 6,25	81,60 ± 6,93	85,20 ± 6,55	82,90 ± 6,30
Celkový dojem	82,60 ± 6,43	78,30 ± 7,12	78,80 ± 9,67	79,10 ± 13,12

Příloha č. 25 Výsledek senzoričké analýzy cereálních tyčinek s přidavkem ovesných vloček

Příloha č. 26 Senzorický dotazník - piva

Barva

typická, odpovídá stylu

netypická, neodpovídá stylu

I-----I	I-----I
I-----I	I-----I
I-----I	I-----I
I-----I	I-----I

Vůně

typická, příjemná

netypická

I-----I	I-----I
I-----I	I-----I
I-----I	I-----I
I-----I	I-----I

Cizí vůně

přítomné

nepřítomné

I-----I	I-----I
I-----I	I-----I
I-----I	I-----I
I-----I	I-----I

Pěna

trvanlivá

nepatrná

I-----I	I-----I
I-----I	I-----I
I-----I	I-----I
I-----I	I-----I

Chuť

příjemná, typická, intenzivní

nepříjemná, netypická, slabá

I-----I	I-----I
I-----I	I-----I
I-----I	I-----I
I-----I	I-----I

Cizí chuť

přítomná

nepřítomná

I-----I	I-----I
I-----I	I-----I
I-----I	I-----I
I-----I	I-----I

Hořkost

vyvážená

slabá nebo příliš silná

I-----I	I-----I
I-----I	I-----I
I-----I	I-----I
I-----I	I-----I

Ulpívání hořkosti

ulpívající

neulpívající

I-----I
I-----I
I-----I
I-----I

Plnost

plné, zaokrouhlené

prázdné

I-----I
I-----I
I-----I
I-----I

Říz

optimální, příjemné, řízné

slabý nebo příliš silný

I-----I
I-----I
I-----I
I-----I

Celkový dojem

vynikající

nevyhovující

I-----I
I-----I
I-----I
I-----I

Je výraznější nějaká chuť? Jaká?

Vzorek 1:.....

Vzorek 2:.....

Vzorek 3:.....

Vzorek 4:.....

Další poznámky

Vzorek 1:.....

Vzorek 2:.....

Vzorek 3:.....

Vzorek 4:.....

Příloha č. 27 Senzorický dotazník - cereální mléka

Barva

typická, mléčně bílá

netypická

I-----I	I-----I
I-----I	I-----I
I-----I	I-----I
I-----I	I-----I
I-----I	I-----I
I-----I	I-----I
I-----I	I-----I
I-----I	I-----I

Vůně

typická, harmonická

netypická, rozporuplná

I-----I	I-----I
I-----I	I-----I
I-----I	I-----I
I-----I	I-----I
I-----I	I-----I
I-----I	I-----I
I-----I	I-----I
I-----I	I-----I

Cizí vůně

přítomné

nepřítomné

I-----I	I-----I
I-----I	I-----I
I-----I	I-----I
I-----I	I-----I
I-----I	I-----I
I-----I	I-----I
I-----I	I-----I
I-----I	I-----I

Textura

jemná, bez pevných částic

přítomnost pevných částic

I-----I	I-----I
I-----I	I-----I
I-----I	I-----I
I-----I	I-----I
I-----I	I-----I
I-----I	I-----I
I-----I	I-----I
I-----I	I-----I

Chuť

příjemná, typická, intenzivní

nepříjemná, netypická, slabá

I-----I
I-----I
I-----I
I-----I
I-----I
I-----I
I-----I
I-----I
I-----I

Celkový dojem

vynikající

nevyhovující

I-----I
I-----I
I-----I
I-----I
I-----I
I-----I
I-----I
I-----I
I-----I

Je výraznější nějaká chuť? Jaká?

Vzorek 1:.....
Vzorek 2:.....
Vzorek 3:.....
Vzorek 4:.....
Vzorek 5:.....
Vzorek 6:.....

Další poznámky

Vzorek 1:.....
Vzorek 2:.....
Vzorek 3:.....
Vzorek 4:.....
Vzorek 5:.....
Vzorek 6:.....

Příloha č. 28 Senzorický dotazník - cereální tyčinky

Vůně

typická, příjemná

nepříjemná

I-----I
I-----I
I-----I
I-----I
I-----I
I-----I
I-----I
I-----I
I-----I

Snadnost ukousnutí

snadné

nesnadné

I-----I
I-----I
I-----I
I-----I
I-----I
I-----I
I-----I
I-----I
I-----I

Konzistence

křupavé, měkké

velmi tuhé

I-----I
I-----I
I-----I
I-----I
I-----I
I-----I
I-----I
I-----I
I-----I

Chuť

příjemná, typická

nepříjemná, netypická

I-----I
I-----I
I-----I
I-----I
I-----I
I-----I
I-----I
I-----I
I-----I

Celkový dojem

vynikající

nevyhovující

I-----I
I-----I
I-----I
I-----I
I-----I
I-----I
I-----I
I-----I

Je výraznější nějaká chuť? Jaká?

Vzorek 1:.....
Vzorek 2:.....
Vzorek 3:.....
Vzorek 4:.....
Vzorek 5:.....
Vzorek 6:.....
Vzorek 7:.....
Vzorek8:.....

Další poznámky

Vzorek 1:.....
Vzorek 2:.....
Vzorek 3:.....
Vzorek 4:.....
Vzorek 5:.....
Vzorek 6:.....
Vzorek 7:.....
Vzorek 8:.....

11 SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha č. 1: Mikrosladovna Mendelovy univerzity
- Příloha č. 2: První fáze sladování - máčení
- Příloha č. 3: Odhvozděný neodklíčkováný slad
- Příloha č. 4: Průběh máčení
- Příloha č. 5: Průběh klíčení
- Příloha č. 6: Průběh hvozdění
- Příloha č. 7: Zařízení pro odklíčkování
- Příloha č. 8: Hořké kaly
- Příloha č. 9: Chlazení vyrobené mladiny
- Příloha č. 10: Hotové pivo
- Příloha č. 11: Rmutovací lázeň
- Příloha č. 12: Cereální mléka vyrobená rmutováním
- Příloha č. 13: Cereální mléka vyrobená za studena
- Příloha č. 14: Cereální tyčinky
- Příloha č. 15: Kapalínová chromatografie
- Příloha č. 16: Výsledek sensorické analýzy pív
- Příloha č. 17: Zastoupení sacharidů mladín
- Příloha č. 18: Zastoupení sacharidů pív
- Příloha č. 19: Zastoupení alkoholů pív
- Příloha č. 20: Výsledek sensorické analýzy cereálních mlék vyrobených rmutováním
- Příloha č. 21: Výsledek sensorické analýzy cereálních mlék vyrobených za studena
- Příloha č. 22: Zastoupení sacharidů cereálních mlék vyrobených rmutováním
- Příloha č. 23: Zastoupení sacharidů cereálních mlék vyrobených za studena
- Příloha č. 24: Výsledek sensorické analýzy cereálních tyčinek s přidavkem celých zrn nesladovaného ovsa
- Příloha č. 25: Výsledek sensorické analýzy cereálních tyčinek s přidavkem ovesných vloček
- Příloha č. 26: Sensorický dotazník - piva
- Příloha č. 27: Sensorický dotazník - cereální mléka
- Příloha č. 28: Sensorický dotazník - cereální tyčinky