MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

BRNO 2016 **Bc. MARCELA JANDLOVÁ**

Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta
Ústav technologie potravin

Vliv použitého sladidla, teploty a doby pečení na obsah hydroxymethylfurfuralu vybraného pekařského výrobku

Diplomová práce

Vedoucí práce:
doc. Ing. Jindřiška Kučerová, Ph.D.

Vypracovala:
Bc. Marcela Jandlová

Brno 2016

Zadání

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: „Vliv použitého sladidla, teploty a doby pečení na obsah hydroxymethylfurfuralu vybraného pekařského výrobku“ 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

Děkuji paní doc. Ing. Jindřišce Kučerové, Ph.D. za vedení práce a za cenné rady. Poděkování patří paní Ing. Aleně Ansorgové, Ph.D., paní Ing. Janě Simonové, Ph.D. za naměření HMF, paní doc. Ing. Šárce Nedomové, Ph.D. za měření pevnosti sušenek, laborantkám: paní Beatě Ruprechtové a paní Ivaně Randové, univerzitnímu fotografovi Františku Nádeníčkovi za pořízení fotografií sušenek. Děkuji všem, kteří se účastnili senzorického hodnocení; mé rodině a přátelům.

ABSTRAKT

Hlavním cílem diplomové práce „Vliv použitého sladidla, teploty a doby pečení na obsah hydroxymethylfurfuralu vybraného pekařského výrobku“ bylo stanovit množství hydroxymethylfurfuralu ve sladidlech, z nich vyrobených těstech a sušenkách. Použitá sladidla byla: pšeničný sirup, kukuřičný sirup, datlový sirup, med, sacharóza, invertní cukr a třtinová melasa. Byly použity tři teploty pečení: 175°C, 200°C, 225°C. Sušenky pečené při 200°C a 225°C byly senzoricky zhodnoceny. Nejvyšší množství HMF bylo zjištěno u invertního cukru, méně u třtinové melasy a medu. U sušenek s invertním cukrem a s datlovým sirupem stoupalo množství HMF s rostoucí teplotou pečení. Nejpevnější sušenky TIRATESTEM byly se sacharózou, pečené při 175°C. Lepší senzorické hodnocení přijatelnosti vykazovaly sušenky pečené při 200°C, než při 225°C. Při teplotě 200°C vykazovaly nejlepší celkovou přijatelnost sušenky se sacharózou, druhou nejlepší s invertním cukrem a třetí s datlovým sirupem.

Klíčová slova: sušenky, sirup, invertní cukr, med, třtinová melasa, HMF, senzorické hodnocení

ABSTRACT

The main aim of the thesis "Effect of sweetener, temperature and cooking time on the hydroxymethylfurfural selected bakery products" was to determine the amount of hydroxymethylfurfural in sweeteners and dough and biscuits made from them. Sweeteners used were: wheat syrup, corn syrup, date syrup, honey, sucrose, invert sugar and cane molasses. Three baking temperatures (175°C, 200°C, 225°C) were used. Cookies baked at 200°C and 225°C, were sensorially evaluated. The highest amounts of HMF were found in invert sugar, less amounts in cane molasses and honey. The amounts of HMF were increasing with temperature baking for invert sugar´s biscuits and date syrup´s biscuits. The firmest biscuits, tested by TIRATEST, were biscuits with sucrose baked at 175°C. Biscuits baked at 200°C showed better sensory evaluation of acceptability than the biscuits baked at 225°C. The best overall acceptibility in 200°C exhibited the biscuits with sucrose, the second best were the invert sugar biscuits, followed by the date syrup biscuits.

Keywords: biscuits, syrup, invert sugar, honey, cane molasses, HMF, sensory evaluation

OBSAH

1 ÚVOD 9
2 CÍL PRÁCE 10
3 LITERÁRNÍ PŘEHLED 11
3.1 Definice a význam sledování HMF 11
3.1.1 Hydroxymethylfurfural 11
3.1.2 Tvorba HMF 11
3.1.3 Hydroxymethylfurfural a vliv na zdraví 12
3.1.4 Pečení 14
3.1.5 Podmínky ovlivňující tvorbu HMF 15
3.1.6 Sledování množství HMF 15
3.2 Metody stanovení HMF 15
3.2.1 Stanovení HMF v potravinách 15
3.2.2 Metody stanovení HMF v medu 16
3.3 Suroviny a sladidla používaná při výrobě sušenek 17
3.3.1 Suroviny 17
3.3.2 Sladidla 19
3.4 Sušenky 28
4 Materiál a metodika 29
4.1 Materiál 29
4.2 Metodika 32
4.2.1 Výroba invertního cukru: 32
4.2.2 Pečení 33
4.2.3 Vyhodnocení 34
4.2.4 Senzorické hodnocení 35
4.2.5 Stanovení HMF 36
4.2.6 Měření pevnosti sušenek 38
4.2.7 Vyhodnocení dat 38
5 Výsledky a diskuze 39
5.1 Naměřené hodnoty při pečení 39
5.1.1 Vlastnosti těst 39
5.1.2 Výtěžnost pečiva 39
5.1.3 Ztráty pečením 45

5.1.4 Objem pečiva 45
5.2 Stanovené množství HMF 46
5.2.1 Výsledky stanovení HMF v použitých sladidlech 46
5.2.2 Výsledky stanovení HMF v těstech a sušenkách 47
5.2.3 Rozdíly stanovených koncentrací HMF 48
5.2.4 Výsledky stanovení HMF v těstě a sušenkách s glukózou a fruktózou 50
5.2.5 Množství HMF v těstě a pH těsta 51
5.3 Stanovení pevnosti sušenek 52
5.3.1 Sušenky pečené při 175°C 52
5.3.2 Sušenky pečené při 200°C 52
5.3.3 Sušenky pečené při 225°C 53
5.3.4 Pevnost sušenek všech tří použitých teplot pečení 53
5.4 Množství HMF v závislosti na době pečení 54
5.5 Senzorické hodnocení sušenek 54
5.5.1 Senzorické hodnocení 54
5.5.2 Hedonické hodnocení 59
5.5.3 Dílčí chutě 63
5.5.4 Zhodnocení senzorických hodnocení 67
6 Závěr 70
7 Přehled použité literatury: 72
8 Seznam obrázků 77
9 Seznam tabulek 78
10 Přílohy 79

1 ÚVOD

V dnešní době se používají různá sladidla. Od nejvíce používané sacharózy, fruktózy, glukózy, po nejrůznější sirupy. Lidé více dbají na své zdraví, chtějí žít zdravý životní styl, proto hledají alternativy i ve sladidlech, jako jsou např. sirupy, cukerné alkoholy, stévie, která je zcela nekalorická, aj.

Pro použití jiných sladidel, než sacharózy, je i ekonomický důvod – zlevnění výroby potravin a nápojů. Např. využitím fruktózy, která má vyšší sladivost, než sacharóza, je možné snížit potřebné množství sladidla, při zachování stejné sladké chuti, získá se tím i produkt, který bude méně kalorický. Využitím zmiňované fruktózy vznikne potravina s nízkým glykemickým indexem, fruktóza je ale také obávaná z tvorby obezity a civilizačních nemocí.

Některé sirupy mají i specifickou chuť, např. javorový sirup, mohou ozvláštnit klasicky vyráběné produkty. Použitím jiných sladidel, než sacharózy, je možné změnit i vlastnosti produktů, např. se prodlouží vláčnost výrobku využitím hygroskopičnosti fruktózy, dodá se chladivý efekt využitím cukerných alkoholů, nebo lze získat méně kalorické nápoje a potraviny využitím umělých sladidel aj.

Hydroxymethylfurfural se vyskytuje ve zpracovaných potravinách, nejvíce v potravinách s vysokým obsahem sacharidů. Hydroxymethylfurfural se nachází i v medu, kde je jakostním ukazatelem, maximální možné množství hydroxymethylfurfuralu je zahrnuto v legislativních požadavcích na med. Zvýšená množství HMF v medu poukazují na záhřev medu, na špatné skladování, či na stáří medu. Množství HMF se obecně zvyšuje s rostoucí teplotou, dobou skladování a s vyšší kyselostí. HMF se nachází i v pekařských výrobcích, byť dochází k značnému záhřevu pečiva při pečení, bude v poměrně malém množství, které je způsobeno pH těst, pohybujícím se většinou kolem neutrální hodnoty.

V dnešní době je hydoxymethylfurfural hodně zkoumanou látkou, spolu s akrylamidem. Nicméně zatím nebylo jednoznačně zjištěno, jaký vliv má HMF na lidské zdraví, uvažuje se o toxických mutagenních, či karcinogenních vlastnostech, a také se zjistilo, že se v živých organismech přeměňuje na 5-sulfoxymethylfurfural (SMF), který je genotoxický.

2 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce „Vliv použitého sladidla, teploty a doby pečení na obsah hydroxymethylfurfuralu vybraného pekařského výrobku“ bylo:

- Vypracovat literární rešerši o používaných sladidlech v pekařství, o hydroxymethylfurfuralu z pohledu významnosti/toxicity, a z pohledu metodik pro stanovení HMF.
- V praktické části napéct pečivo, s přídavkem různých sladidel. U napečených sušenek stanovit pevnost, stanovit množství HMF v těstech, sušenkách i v použitých sladidlech. Sušenky senzoricky zhodnotit. Upéct typ sušenky s nejvyšší naměřenou hodnotou HMF při různých teplotách a jim odpovídajícím dobám pečení.
- Změřit pH těst. Zjistit hmotnost těst a pečiva a změřit objem pečiva. Z naměřených hodnot vypočítat výtěžnosti.
- Naměřené výsledky vyhodnotit.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

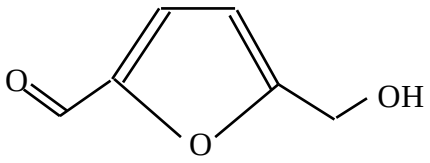
3.1 Definice a význam sledování HMF

3.1.1 Hydroxymethylfurfural

Hydroxymethylfurfural je také označován: 5-(hydroxymethyl)-2-furfural, 5-(Hydroxymethyl)-2-furaldehyd, 5-oxymethylfurfurol, 5-hydroxymethyl-2-formylfuran (MIHOK, 2013), 5-(hydroxymethyl)furan-2-karbaldehyd, 5-hydroxymethyl-2-furankarbaldehyd,5-(hydroxymethyl)furfural, 5-hydroxymethyl furfural, 5-hydroxymethyl-2-furfural, 5-hydroxymethyl-2-furaldehyd, 5-hydroxymethylfuraldehyd, 5-hydroxymethylfurfural, HMF, 5-HMF, 5-HM-2-F aj. (PubChem, 2016). HMF je velmi reaktivní krystalická bezbarvá látka, na vzduchu ihned hnědne, zapříčiňuje hnědé až žlutohnědé zabarvení produktů. HMF resp. jeho reakční produkty vykazují slabě „ovocnou vůni“ (BACÍLEK, KAMLER, 2009). Ve vodě, ethanolu, methanolu a ethylacetátu je HMF dobře rozpustný; v petroletheru je rozpustný málo. HMF má absorpční maximum při 284 nm a druhou maximální absorpční oblast při 230 nm (GÖKMEN, MORALES, 2014).

3.1.2 Tvorba HMF

Při zpracování a skladování dochází k transformaci sacharidů. Nejčastěji uváděné reakce sacharidů v potravinách jsou s aminosloučeninami, tzv. neenzymové hnědnutí, Maillardova reakce. Reakcemi se vytváří, vedle barevných pigmentů (od žluté, přes hnědou, po černou) a aromatických látek i antinutriční a toxické látky.(VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009a). Hydroxymethylfurfural je pravděpodobně toxická a mutagenní látka (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009b). HMF vzniká Maillardovou reakcí a dehydratací cukrů při karamelizaci. Maillardova reakce je neenzymatické hnědnutí, kdy dochází k chemické reakci mezi redukujícím cukrem a aminokyselinou při záhřevu. HMF se nachází ve zpracovaných potravinách. Molekula HMF je tvořena furanovým kruhem, hydroxymethylovou skupinou a karbonylovou skupinou (GÖKMEN, MORALES, 2014).



Obr. 1 Vzorec hydroxymethylfurfuralu

3.1.3 Hydroxymethylfurfural a vliv na zdraví

Hydroxymethylfurfural je pravděpodobně toxická mutagenní látka (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009b), výzkumy poukazují i na karcinogenní potenciál, HMF lze označit za látku antinutričního charakteru (PŘIDAL, 2013) vznikající transformací cukrů. HMF a akrylamid jsou v poslední době hodně zkoumány, jako nejvýznamnější kontaminanty vzniklé tepelnou úpravou nejen v pečivu a chlebu. HMF i akrylamid vznikají zejména Maillardovou reakcí. Zatímco u akrylamidu byla zjištěna u hlodavců karcinogenita. Tak u HMF bylo prokázáno, že se v živých organismech přeměňuje na 5-sulfoxymethylfurfural (SMF), který je genotoxický (CAPUANO, FOGLIANO, 2011). Pozitivní genotoxicitu vykazoval HMF in vitro, pokud byly splněny podmínky pro tvorbu reaktivního metabolitu: 5-sulfoxymethylfurfuralu. In vivo nebyla doposud zjištěna pozitivní genotoxicita. Krátké studie s HMF na tvorbu karcinomu ve střevním traktu nemohly jednoznačné označit HMF za karcinogenní. Denní příjmy HMF stravou jsou v řádech mg/kg, což je mnohem více, než příjmy jiných toxických látek potravinou. Příjem HMF člověkem se odhaduje od 4 do 30 mg/osobu/den, příjem nad 350 mg/osobu/den je možný, např. konzumací nápojů ze sušených švestek. Při pokusech bylo zjištěno, že množství 80–100 mg HMF/kg tělesné hmotnosti/den nevykazovalo u pokusných zvířat nepříznivý efekt. Ze zmiňovaných poznatků se zdá být současná expozice hydroxymethylfurfuralem pro člověka bezpečná, přesto by mělo být zhodnoceno množství HMF vycházející z přidávání přídatné látky karamelu, přidávaného do potravin pro zintenzivnění barvy (ABRAHAM et al., 2011).

Tab. 1 Přehled množství HMF v některých potravinářských výrobcích (CAPUANO, FOGLIANO, 2011)

Komodita	HMF [mg/kg]	Komodita	HMF [mg/kg]	Komodita	HMF [mg/l]
Sušenky	0,5–74,5	Instantní káva	400–4100	Pivo	3,0–9,2
Bílý chléb	3,4–68,8	Bezkofeinová káva	430–494	Červené víno	1,0–1,3
Opečený chléb (toast)	11,8–87,7	Káva	100–1900	Vinný ocet	0–21,5
Snídaňové cereálie	6,9–240,5	Cikorka	200–22500	Ocet balsamico	316,4–35251,3
Med	10,4–58,8				
Sušené ovoce	25–2900				
Marmeláda	5,5–37,7				
Slad	100–6300				
Ječmen	100–1200				

Ve dvouletém výzkum na samicích a samcích myší a krys, byl zkoumán vliv přídavků 3 koncentrací HMF pokusným zvířatům. HMF byl rozpuštěn v deionizované vodě a aplikován sondou do žaludku pokusných zvířat. Podávaná množství byla 188 mg, 375 mg a 750 mg HMF/ kg tělesné hmotnosti. Kontrolní skupina dostávala stejným způsobem jen čistou destilovanou vodu. Při podávání 750 mg HMF/kg tělesné hmotnosti mnoho samic a samců myší zemřelo dříve, než uběhly dva roky výzkumu, Někteří jedinci (s koncentrací 750 mg HMF/kg tělesné hmotnosti) vykazovali známky neurologické odezvy – byli podráždění, trpěli dušností, sliněním, stali se apatičtí vůči okolí, upadali do bezvědomí. Při podávání HMF se u samic a samců myší a potkanů vyskytovali léze na čichovém epitelu a sliznici nosu. U dalších dvou skupin zkoumaných samic myší, kterým byl podáván HMF byl zvýšen výskyt hepatocelulárního adenomu jater (adenom = nezhoubný nádor) (NationalToxicology Program, 2014).

HMF se vyskytuje v medu, jeho množství je sledováno z důvodu kvality. HMF je pro včely vysoce toxický, proto se nesmí včely přikrmovat nekvalitním cukrem, či přehřátými medy, v kterých je vyšší množství HMF (PŘIDAL, 2013). Velmi negativní dopad by mělo přikrmování včel hydrolyzovanou sacharózou katalyzovanou kyselinami, kdy vzniká HMF. Oproti tomu enzymatickou hydrolýzou sacharózy HMF nevzniká, proto se také do budoucna předpokládá přikrmování včel enzymaticky hydrolyzovanou sacharózou. Ve včelařství se běžně používá na dokrmení včel sacharóza, zejména

v roztocích, kaších, či medo-cukrových těstech, je ale snaha ulehčit včelám zpracování a uložení krmiva, podáváním hydrolyzované (invertované) sacharózy (TITĚRA, 2009).

3.1.4 Pečení

Senzoricky aktivní látky pečiva, chuťově, čichově aktivní látky, vznikají hlavně při pečení; u kynutého pečiva i při fermentaci. Vyšší teplota a nižší pH, u fermentovaných pšeničných těst může být pH 5, a v prostředí s dostatečným množstvím vody, se mohou rozkládat pentozany na další produkty. Při pečení je významná velikost pečeného pečiva, resp. s tím souvisí výše teploty v jednotlivých částech, a tvorba aromatických látek. Teplota povrchu pečeného výrobku na konci pečení dosahovala 180°C, ve středu výrobku nebylo ani 100°C. Pečením v pečivu vznikají např.: acetal, acetaldehyd, kyselina mravenčí, methylglyoxal, furfural a 5-hydroxymethylfurfural. Aminokyseliny reagující mezi sebou či s dalšími složkami při pečení, dají vzniku dalším chuťovým a aromatickým látkám, které obsahují ve své struktuře pyrazinový kruh. Z aminokyseliny prolinu (prolin tvoří 10 % aminokyselin pšeničné bílkoviny) vznikají chuťové a aromatické látky, deriváty pyrolidinu.

Vyšší množství 5-hydroxymethyl furfuralu bylo zjištěno v kůrce chleba, než ve střídě, stejně tak vyšší množství bylo naměřeno u chleba žitného, než pšeničného. Vyšší množství HMF u žitného chleba je zapříčiněno vyšším výskytem pentosanů v žitné mouce, než v mouce pšeničné. Množství HMF u světlého chleba bylo nejnižší, vyšší bylo u tmavého a nejvyšší u celozrnného chleba, rozdíly lze vysvětlit vyšším výskytem pentosanů ve vnějších a obalových vrstvách obilky žita. Sloučeniny furfuralu jsou vonnými a chuťově aktivními látkami, proto má tmavý žitný chléb intenzivnější chlebovou chuť a aroma. Délka skladování ovlivňuje množství chuťových a aromatických látek. Vliv na aroma a chuť žitných pekařských výrobků mají zejména fermentační produkty, pentosany, sacharidy, aminokyseliny a tepelný záhřev při pečení, zatímco u pšeničných produktů: přítomnost sacharidů a aminokyselin, zejména prolinu, a následný záhřev. Velký význam pro vůni a chuť finálních výrobků má i přítomnost kvasničních buněk v těstě (PŘÍHODA, HUMPOLÍKOVÁ, NOVOTNÁ, 2003).

Více se tvoří HMF v pečivu, které obsahuje glukózu, než se stejným obsahem sacharózy, stejně tak v kyselejším těstě bude vyšší tvorba HMF a povrchové hnědnutí bude intenzivnější (GÖKMEN et al., 2007).

3.1.5 Podmínky ovlivňující tvorbu HMF

Hlavními prekurzory pro tvorbu HMF jsou aminokyseliny a sacharidy, z nich zejména hexózy. HMF se výrazně tvoří v sacharidických potravinách jako jsou džemy, ovocné koncentrované šťávy, medy. S rostoucí teplotou při skladování či zpracování bude tvorba HMF rychlejší. Proto je vhodné snížení teploty např. použitím vakuových odparek či vaření. Množství HMF se zvyšuje poklesem pH, mělo by se dbát, o to více u kyselých potravin, na optimalizaci teplot při skladování a zpracování, aby vzniklé množství HMF nebylo moc vysoké. S délkou doby skladování se zvyšuje množství HMF; a nízká až průměrná vlhkost urychluje tvorbu HMF (GÖKMEN, MORALES, 2014).

3.1.6 Sledování množství HMF

Množství HMF se sleduje pouze v medech. Dle vyhlášky č. 76/2003 Sb. v aktuálním znění musí být množství HMF u květových a medovicových medů do 40 mg/kg u medů z oblastí s tropickým klimatem, nebo ze směsi těchto medů, do 80 mg/kg. Množství HMF v medu je ukazatelem stáří medu, záhřevem medu či špatnými podmínkami skladování. Požadavky na množství HMF v medu jsou zapracovány v legislativě Evropské unie, tak uvedeny v CodexAlimentarius (ZAPPALÀ et al., 2005). Dle svazové normy ČESKÝ MED, medy označené „ČESKÝ MED“, „MORAVKÝ MED“, „SLEZSKÝ MED“ a v odkazu kvality uvádějící, že odpovídají vyhlášce č. 76/2003 Sb., ale i „SN ČSV 1/1999 – ČESKÝ MED“ nesmí obsahovat více než 20 mg/kg HMF (PEROUTKA, SOJKA, 2004).

3.2 Metody stanovení HMF

3.2.1 Stanovení HMF v potravinách

HMF se u potravin stanovuje spektroskopicky, kolorimetricky a chromatograficky. Spektroskopické a kolorimetrické metody jsou méně vhodné, jednak jsou zapotřebí karcinogenní činidla, a navíc se jedná o nespecifické metody, což ve výsledku zkresluje stanovené množství HMF. Pro stanovení HMF v různých potravinách bylo popsáno

několik metod s vysokoúčinnou kapalinovou chromatografií s využitím UV detekce, neboť maximální absorbance furfuralů je při vlnové délce 285 nm. Bohužel mnoho dalších složek přítomných v potravinách absorbují při uvedené vlnové délce, mohou pak ovlivnit při špatném rozlišení stanovené množství HMF. Příprava pevných potravin pro stanovení HMF obvykle spočívá v extrakci vodou, následné čiření roztoky Carrez I a Carrez II. Touto přípravou se vyextrahuje většina HMF. Detekce pomocí UV je nespecifická, problematické je zejména užití UV detektoru po kapalinové chromatografické separaci při stanovování HMF v potravinách s nízkou koncentrací HMF a s přítomností rušivých látek. V tomto případě je pro správné stanovení HMF nutná dobrá separace měřeného vzorku. Nebo lze využít (místo UV detekce) hmotnostní spektrometrickou (MS) detekci, použitá s kapalinovou chromatografickou separací má lepší selektivitu a přesnost. V případě potravin s malým množstvím HMF a s interferujícími látkami je možné použít: pro separaci úzkou kolonu, k pročištění extraktu použít extrakci na pevnou fázi (SPE), a selektivně detekovat užitím MS detektorů. Pokud je ve zjišťované potravině malé množství HMF, je důležitá jak instrumentální citlivost, tak dobrá příprava vzorků. Ačkoliv je HMF rozpustné ve vodě, obsahuje hydrofobní části, které mohou být nápomocné při navrhování SPE kolon. Průchodem kolonou s hydrofobním sorbentem se zadrží HMF a jiné málo polární látky, zatímco polární se nezachytí. HMF se následně eluuje diethyletherem. Extrakt tak bude čistší, HMF zkoncentrovanější, čímž se zvýší citlivost stanovení (GÖKMEN, MORALES, 2014).

Pro stanovení HMF v medu doporučuje International Honey Commission (IHC) 3 metody: spektrofotometrické stanovení dle Winklera, spektrofotometrické stanovení dle Whita, metodu s využitím HPLC. Při testování metod stanovení množství HMF v medu bylo zjištěno, že stanovení dle Winklerovy metody dává vyšší hodnoty, než ostatní dvě metody (ZAPPALÀ et al., 2005)

3.2.2 Metody stanovení HMF v medu

3.2.2.1 Metoda dle Winklera

Dle metody se vytvoří ze zkoušeného vzorku medu vodný roztok, který se v případě zakalení čeří pomocí Carrezových roztoků. Do jedné baňky se smíchá medový roztok s p-toluidinovým činidlem, přidá se destilovaná voda a změří se absorbance při 550 nm,

nastaví se nulová hodnota. Do druhé baňky se smíchá roztok medu s p-toluidinovým činidlem a 0,5% kyselinou barbiturovou, změří se absorbance při 550 nm. Smícháním vodného roztoku vzorku medu s p-toluidinovým činidlem a s 0,5% kyselinou barbiturovou vzniká vínově červený roztok, intenzita zabarvení je úměrná obsahu HMF. Ze standardního roztoku HMF, je nutné vytvořit kalibrační křivku, pro možnost stanovení množství HMF v měřeném vzorku medu ze zjištěné absorbance (PŘIDAL, 2003).

3.2.2.2 Metoda dle Whita

Vzorek medu se rozpustí v destilované vodě, vyčiří se roztoky Carrez I a Carrez II a přefiltruje. Následně se napipetuje do dvou zkumavek, do jedné se přidá destilovaná voda, což je roztok vzorku, a do druhé se přidá bisulfid sodný (0,2% roztok), což je referenční roztok. Následně se měří na spektrofotometru absorbance roztoku vzorku proti roztoku referenčnímu při 284 nm a při 336 nm. Dosazením hodnot absorbancí do vzorce vyjde množství HMF ve vzorku (VORLOVÁ et al., 2012).

3.2.2.3 HPLC metoda

Při metodě s HPLC se vzorek medu rozpustí v deionizované vodě, zfiltruje se přes membránový filtr a stanoví se množství HMF pomocí HPLC s UV detekcí, při vlnové délce 285 nm, teplotě kolony 35 °C, velikost nástřiku na kolonu 10 µl, s využitím kolony s reverzní fází C18 a velikostí částic 5 µm. Mobilní fáze se používá methanol/voda 10/90, analyzováno v izokratickém uspořádání s průtokem 1 ml/min. Za pomocí standardu se vytvoří kalibrační křivka a pro sběr a vyhodnocení dat se použije software (VORLOVÁ et al., 2012).

3.3 Suroviny a sladidla používaná při výrobě sušenek

3.3.1 Suroviny

Mouka

Mouka je podstatnou složkou sušenkových těst, v těstech pro lisování je 32–50 % mouky, v těstech pro vypichování 50–60 % mouky.(SKOUPIL, SKALICKÝ, 1972). Používá se zejména pšeničná hladká pečivárenská slabá mouka s obsahem lepku 22–28 %,

který má být méně pružný, více tažný. Požadavky na granulaci mouky se liší dle používané technologie výroby a druhu sušenek, kdy hrubší frakce zvyšuje křehkost u lisovaných sušenek. Doporučený obsah bílkovin v mouce pro vytlačované a vypichované sušenky 7–8 %, pro stříkané 7,5–8,5 %, a pro lisované 8–9 % (HRUŠKOVÁ, 2009). V následující tabulce je pro ucelení informací o přítomnosti sacharidů v mouce (a následně v těstě): obsah sacharidů v pšeničné mouce.

Tab. 2 Obsah sacharidů v pšeničné mouce (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009a)

Sacharidy	Množství [mg/kg] pšeničné mouky
Sacharóza	1000–4000
Rafinóza	500–1700
Maltóza	500–1000
Další oligosacharidy	4 000–16 000
Glukóza	100–900
Fruktóza	200–800

Škrob

Škrob se používá při výrobě sušenek pro zvýšení křehkosti, velký význam má u lisovaných a stříkaných hmot, kde eliminuje nepříznivý vliv mouky se silným lepkem. Nejčastěji se používá 3–4 % hmotnosti těsta (SKOUPIL, SKALICKÝ, 1972).

Tuk

Tuk při přípravě těsta snižuje vývin pružné lepkové struktury, také snižuje viskozitu těsta, což zapříčiní dobrou zpracovatelnost těst a u finálních výrobků křehkost (HRUŠKOVÁ, 2009).

Voda

Voda je bezbarvá, čirá kapalina, bez zápachu a chuti, v silnější vrstvě namodralá, pH vody se pohybuje kolem hodnoty sedm. Voda je významným rozpouštědlem, ať v přírodě, tak v průmyslu. V přírodě se v ní rozpouští minerální látky, dle rozpuštěného množství se stanovuje tvrdost vody, která se udává např. v mmol/litr. Vypařování vody, či var probíhá dodáním tepelné energie molekulám vody, která se přemění na energii kinetickou (pohybovou). Pohybem molekul dochází k překonání energie vodíkových můstků, s dalším nárůstem energie (nárůstem kmitání molekul vody) se kapalná voda, popř. pevný led mění v páru. Vzniklé páry zvyšují tlak, proto část z nich uniká do okol-

ního prostředí. Bod varu je stav, kdy tlak plynů v kapalině je shodný, nebo převýší hodnotu tlaku plynu nad kapalinou (SKOUPIL, 2005).

Kypřící prostředky

Při výrobě sušenek se uplatňuje chemické kypření za využití hydrogenuhličitanu amonného a hydrogenuhličitanu sodného, často v poměru 1:1, u sušenek jsou požadovány drobné silnostěnné rovnoměrné póry (HRUŠKOVÁ, 2009).

Ostatní suroviny

Do sušenkových těst dále může být přidáno sušené mléko, vejce, ochucující a aromatizační látky (HRUŠKOVÁ, 2009).

3.3.2 Sladidla

Nejčastěji se při výrobě pečiva používá sacharóza, glukóza a fruktóza. Kromě chuťových vlastností dodávají pečivu barvu, jsou zdrojem živin při kynutí těst, spoluvytváří reologické vlastnosti těst, či slouží jako dekorace finálních produktů. Volba sladidel ovlivňuje ekonomiku výroby i zdravotní aspekty výrobků, jako je vhodnost pro diabetiky, možnost snížení energetické hodnoty výrobků aj. (DODOK, 1988). Cukr dodává chuťovou plnost výrobkům a sladkou chuť, při pečení karamelizuje, čímž ovlivňuje barvu výrobků (HRUŠKOVÁ, 2009).

Většina polysacharidů je bez chuti (STRUNECKÁ, PATOČKA, 2012). Sladkou chuť vykazují s několika výjimkami oligosacharidy, monosacharidy, cukerné alkoholy. Oproti sacharóze je většina sacharidů méně sladká, některé mohou být zcela nesladké a hořké. Některé jiné sloučeniny než sacharidy mohou být sladší než sacharóza – syntetická náhradní sladidla. Sacharóza vykazuje plnou chuť a i při vysokých koncentracích je chuťově přijatelná. Sacharóza se v senzorickém hodnocení používá jako standard sladké chuti. Sladkost látek se uvádí násobkem sladkosti sacharózy, resp. násobkem sladkosti 10% roztoku sacharózy (VELÍŠEK, 1999). V následující tabulce je uvedená u některých cukerných alkoholů a sacharidů relativní sladkost, tzn., 10% roztok sacharózy má hodnotu 1.

Tab. 3 Relativní sladkost (VELÍŠEK, 1999)

Cukr	Sladkost	Cukerný alkohol	Sladkost
Sacharóza	1,0	Xylitol	0,9–1,2
D-glukóza	0,4–0,8	Glycerol	0,5
D-fruktóza	0,9–1,8	L-arabinitol	1,0
D-mannosa	0,3–0,6	D-mannitol	0,5–0,7
D-xylosa	0,7	Galaktitol	0,4
Invertní cukr	0,95–1,8	Isomaltitol	0,4–0,5
Maltóza	0,3–0,6	Maltitol	0,7–0,9
Laktóza	0,2–0,6	Laktitol	0,3–0,4
D-galaktóza	0,3–0,6	Palatinitol	0,45
Laktulosa	0,6		
Raffinosa	0,15–0,2		

Sladkost závisí na druhu anomeru, na koncentraci cukru, na přítomnosti dalších látek, na teplotě a jiných faktorech. Např. roztok D-fruktózy je sladší než sacharóza, ale v horké kávě či cukrářských výrobcích vykazuje stejnou sladkost jako sacharóza. Sladkost 10% roztoku D-glukózy činí 50–60 % sladkosti sacharózy, zatímco sladkost 50–60% roztoku glukózy má sladkost 90–100 % sacharózy. Kromě sladké chuti vykazuje D-glucitol a maltóza sirupovou příchuť, D-fruktóza slabě kyselou a ovocnou chuť. Sacharóza v podprahových a prahových koncentracích vykazuje nahořklou chuť. Xylitol má chladivý efekt při rozpouštění (VELÍŠEK, 1999).

Sacharóza způsobuje obezitu a jiné civilizační nemoci. Výživoví poradci doporučují omezit konzumaci sacharózy, popř. nahradit ovocem: čerstvým či sušeným. Výrobci reagovali na tento trend výrobou potravin bez cukru, nízkokalorických či light, kdy většinou nahrazují cukr umělými sladidly. U fruktózy se doporučuje konzumace max. 25 g denně, lépe max. 15 g denně. V dnešní době se používá fruktóza zejména ke slazení nápojů. Fruktóza se v lidském těle zpracovává v játrech a to na tukové látky, jako jsou mastné kyseliny, LDL cholesterol, zásobní tuk, který se ukládá v oblasti břicha, v okolí srdce a v játrech. Tento typ obezity způsobuje infarkty, vysoký krevní tlak, aterosklerózu, onemocnění jater. Vysoká hladina fruktózy v krvi způsobuje rezistenci na inzulín, hypertenzi, způsobuje záněty aj. Američané konzumují v podobě fruktózového sirupu a sirupů z agáve, které obsahují výhradně fruktózu, 12 čajových lžiček fruktózy denně. Vysoké množství konzumované fruktózy souvisí s nárůstem obezity, rakoviny a vysokého krevního tlaku u Američanů. Fruktóza je dále obsažená v javorovém sirupu, třtinovém cukru, melase (STRUNECKÁ, PATOČKA, 2012).

Sacharóza neboli třtinový či řepný cukr je neredukující disacharid. Při výrobě trvanlivého pečiva se využívá v podobě krystalické, krupicové, moučkové i tekuté. Sacharóza je dobře rozpustná ve vodě, s rostoucí teplotou se rozpustnost zvyšuje. Teplota tání je 160°C–188°C (DODOK, 1988)

Tab. 4 Vybrané požadavky na cukr dle vyhlášky č. 76/2003 Sb. v aktuálním znění

Skupina	Sacharóza [%] nejméně	Invertní cukr [%] nejvýše
Cukr bílý, cukr extra bílý	99,7	0,04
Cukr polobílý	99,5	0,1
Cukr moučka s obsahem protihrudkujících látek*	96,7	0,1
Přírodní cukr	97,5	0,09

*max. 3 %

Třtinová melasa vzniká při výrobě třtinového cukru jako vedlejší produkt. Melasa je tekutá, vyznačuje se tmavou barvou, intenzivní typickou chutí. Melasu je možné použít do perníků, sušenek, jablečných závinů apod. Melasa obsahuje sacharózu a minerální látky: Fe, Ca, Mg, Zn aj (ZEMANOVÁ, 2010).

D-glukóza, dextróza, hroznový cukr či škrobový cukr se používá buď ve formě bílého krystalického prášku dobře rozpustného ve vodě, či je přirozeně přítomná v medu, nebo se používá v podobě sirupů. Získává se hydrolýzou sacharózy, také enzymovou hydrolýzou škrobů, nebo kyselou hydrolýzou škrobu, kdy v takovýchto sirupech jsou vedle glukózy přítomné i maltóza a dextriny (DODOK, 1988).

D-fruktóza, označovaná také jako levulóza, či ovocný cukr se používá v podobě sirupů, či krystalická, nebo v medu, kde je přirozenou složkou. Fruktóza je ve vodě více rozpustná než glukóza a je značně hygroskopická. Fruktózu lze získat ze sacharózy i z glukózy (DODOK, 1988). U pečiva, kde je nahrazena sacharóza fruktózou, bude hnědnout výrobek rychleji, než se sacharózou, hrozí tak časnější spálení pečiva. Ze sacharidů: sacharózy, fruktózy a glukózy degraduje nejintenzivněji na HMF fruktóza (PŘIDAL, 2013). Fruktózový sirup vzniká při získávání glukózy hydrolýzou sacharózy, jako vedlejší produkt (DODOK, 1988). Vysokofruktózový sirup se získává chemickým rozštěpením kukuřičného škrobu na glukózový sirup, následně pomocí enzymů na fruk-

tózu, resp. fruktózový sirup (STRUNECKÁ, PATOČKA, 2012). Dle obsahu fruktózy ve fruktózovém sirupu (Tab. 5) se liší jeho sladivost (VELÍŠEK, 1999).

Tab. 5 Sladivost fruktózového sirupu dle obsahu fruktózy (VELÍŠEK, 1999)

Obsah fruktózy	Sladkost
42 %	1,0
55 %	1,0–1,1
90 %	1,2–1,6

Laktóza neboli mléčný cukr se přidává do pečiva obsažena v syrovátce či v mléce, jedná se o redukující nezkvasitelný disacharid, ovlivňuje chuť a barvu výrobků (DODOK, 1988).

Maltóza je redukující disacharid. Běžně vzniká v chlebovém těstě enzymatickou hydrolýzou škrobu kvasinkami *Saccharomyces cerevisiae,* tak enzymy přirozeně přítomnými v mouce. V chlebu je přítomná v množství 1,7–4,3 %. Dále se nachází v obilovinách, medu a ovoci v klíčících semenech, v klíčícím ječmeni a sladu (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009a) a sladových přípravcích. Sladový cukr neboli maltóza se získává enzymovou či kyselou hydrolýzou škrobu (DODOK, 1988).

Cukerné alkoholy jsou vhodnými náhradními sladidly pro diabetiky, patří sem např. xylitol, D-glucitol (D-sorbitol), D-mannitol (VELÍŠEK, 1999). Sorbitol je bílá, hygroskopická sladká látka. Je přirozeně obsažen v ovoci. Xylitol je bílý hygroskopický krystalický prášek, xylitol je přirozeně obsažen v zelenině a v ovoci (DODOK, 1988).

Syntetická sladidla mají vyšší sladivost než sacharóza, patří sem např. sacharin, který je oproti sacharóze 300 až 500krát sladší (DODOK, 1988).

Stévie: Stevia rebaudiana Bertoni je rostlina sladké chuti. Sladkou chuť zapřičiňuje zejména látka steviosid, který je vůči sacharóze 200krát až 300krát sladší. Jedná se o nekalorické sladidlo, není kariogenní a nezvyšuje hladinu glukózy v krvi. Dá se použít při vaření a při pečení do 200°C. Používá se většinou tekutý či sušený stéviový extrakt, či sušená stévie (ZEMANOVÁ, 2010).

Sirupy

Agávový sirup se získává z kaktusů agáve. Nejprve se pomele dužina agáve, přidá se voda, směs se nechá hydrolyzovat, čímž se získá sladký roztok, který se zfiltruje a odpařováním zahustí. Agávový sirup má výrazně sladkou (MÍŠKOVÁ, 2015) neutrální chuť. Sirup z agáve ze sacharidů obsahuje zejména fruktózu, což způsobuje mnohem vyšší sladivost, než jakou vykazuje sacharóza, a zároveň má agávový sirup díky této skutečnosti i nižší glykemický index. V malém množství obsahuje agávový sirup minerální látky Fe, Zn, Ca, K, Mg, Se, dále vit. C a B. Nahradí-li se agávovým sirupem cukr sacharóza v sušenkách a bude upraven poměr vody, sušenky nebudou křupavé, ale budou měkké (ZEMANOVÁ, 2010).

Javorový sirup pochází z Kanady. Do padesáti až osmdesáti letých javorů se na jaře navrtávají otvory 4 cm hluboké a 7 mm široké a do záchytných nádob se zachytává míza, kterou je nutné odpařováním zahustit, zfiltrovat, dále následuje třídění a klasifikace javorových sirupů. Odebírat mízu ze stromů lze v průběhu roku jen jeden měsíc. Ze 35–40 litrů mízy vznikne jeden litr sirupu. Javorový sirup je dobrým zdrojem antioxidantů, manganu, zinku a vitaminu B_2. Javorový sirup má specifickou vůni a chuť, je sladší než sacharóza, ale sladivosti agávového sirupu nedosahuje (MÍŠKOVÁ, 2015). Javorový sirup obsahuje ze sacharidů zejména (asi z 65 %) sacharózu, dále pak fruktózu. Existuje několik tříd javorového sirupu, tyto třídy se liší barvou, chutí a cenou, kdy světlejší barva představuje i jemnější chuť a vyšší cenu sirupu. Javorový sirup označen: Grade A (Canada No. 1 Light) je luxusní sirup, a je nejsvětlejší; Grade B (Canada No. 2 Medium) je světlý sirup, nemá moc výraznou chuť; Grade C (Canada No. 2 Amber) má tmavší barvu, vykazuje příjemnou javorovou vůni a chuť; Grade D (Canada No. 3 Dark) jedná se o tmavý sirup s velmi intenzivní javorovou vůní a chutí. Z těchto 4 uváděných je na evropský trh nejvíce distribuován: Grade C (ZEMANOVÁ, 2010).

Sirupy ze sušeného ovoce

Sirupy ze sušeného ovoce se vyrábí tak, že k příslušnému sušenému ovoci se přidá voda, směs se mixuje, zfiltruje a získaná tekutina se zkoncentruje. Vyznačují se chutí po příslušném sušeném ovoci a obsahem minerálních látek vyšším, než u obilných sirupů.

Datlový sirup je u spotřebitelů oblíbený pro svou intenzivní vůni a chuť. Má hnědou barvu. Toto sladidlo má tradici na Středním východě.

Švestkový sirup má typickou mírně příjemně kyselou chuť švestkových povidel, a tmavě fialovou barvu (MÍŠKOVÁ, 2015).

Škrobové sirupy se získávají enzymovou, kyselou či kombinovanou hydrolýzou škrobů (DODOK, 1988), jedná se o směs sacharidů obsahující maltózu, maltooligosacharidy a D-glukózu (VELÍŠEK, 1999).

Obilné sirupy

Obilné sirupy se vyrábí z namletých obilek za přídavku vody a enzymů, a za regulace teploty dochází k enzymatické hydrolýze škrobu, následuje filtrace a zkoncentrování odpařováním (MÍŠKOVÁ, 2015). Obilné sirupy často obsahují minerální látky a vitaminy skupiny B (ZEMANOVÁ, 2010).

Kukuřičný sirup vyrobený z výše popsané technologie výroby má neutrální sladkou chuť a žlutou barvu. Existuje i jiný kukuřičný sirup a to vysokofruktózový kukuřičný sirup, HFCS, resp. High-fructose corn syrup, je čirá kapalina velmi sladké chuti. HFCS je vyroben jinou technologií za vzniku vysokého podílu fruktózy, ve 20. století se hlavně v USA začal přidávat do nápojů a potravin, což způsobilo nárůst obezity (MÍŠKOVÁ, 2015). Z kukuřice se vyrábí i glukoso-fruktosové sirupy, jedná se o produkty přirozeně bezlepkové (KADLEC, DOSTÁLOVÁ, BUBNÍK, ŠÁRKA, 2014).

Pšeničný sirup je sladké neutrální chuti. Pro zvýšení sladivosti pšeničného sirupu se k němu při výrobě přidává fruktóza (MÍŠKOVÁ, 2015). Z pšeničného škrobu se vyrábí zejména glukózové sirupy (KADLEC, DOSTÁLOVÁ, BUBNÍK, ŠÁRKA, 2014).

Špaldový sirup má výraznější chuť a tmavší barvu, než pšeničný sirup (MÍŠKOVÁ, 2015)

Rýžový sirup má neutrální poněkud méně sladkou chuť (MÍŠKOVÁ, 2015).

Sirup z ječného sladu je z obilných sirupů nejtmavší, nejhustší a nejméně sladký. Vyznačuje se typickou intenzivní sladovou chutí. Vhodné použití je do perníků a sušenek či do zálivek a marinád (MÍŠKOVÁ, 2015)

Použití sirupů

Sirupy lze použít k oslazení sladkých pokrmů, jako jsou kaše, zmrzliny, pudinky, ovocná želé, krémy, palačinky aj., stejně tak ke slazení nápojů jako jsou limonády, čaje a kávy; do těst muffinů, cukroví, sušenek, do koláčů, bábovek, tak do kynutých slaných a sladkých těst. Dále se používají do džemů, marmelád, marinád, krémů, marcipánů, chalvy atp. Pro pečení ze sirupů je nutné brát v úvahu nižší obsah sušiny než u sacharózy, resp. vyšší obsah vlhkosti, a rozdílnou sladivost sirupů (MÍŠKOVÁ, 2015). Obilné sirupy (Tab. 6) mají obecně nižší sladivost než sacharóza, pro shodnou sladkou chuť je nutné do pokrmů dát 1,5násobné množství (ZEMANOVÁ, 2010).

Tab. 6 Obsah sacharidů v sirupech s vyznačenou sladivostí dle stupnice 1 = nejsladší, 6 = nejméně sladké (MÍŠKOVÁ, 2015)

Sirup	Fruktóza	Glukóza	Sacharóza	Maltóza	Sladivost
Agávový sirup	70–77 %	16–21 %	3 %	–	1
Javorový sirup	max. 5 %	max. 5 %	66 %	–	2
Pšeničný sirup	21 %	27 %	–	17 %	3
Kukuřičný sirup	–	24 %	–	32 %	4
Špaldový sirup	–	20 %	–	36 %	4
Datlový sirup	15–30 %	17–40%	3–34 %	–	5
Rýžový sirup	–	23 %	–	31 %	5
Švestkový sirup	16–20 %	24–29 %	0–2 %	–	6
Sirup z ječného sladu	2,5 %	9 %	–	39 %	6

Med

Dle vyhlášky č. 76/2003 Sb. v aktuálním znění se dělí medy dle původu na květový a medovicový. V medu jsou ze sacharidů nejvíce zastoupeny fruktóza a glukóza (Tab. 7) (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009 a) Vyšší obsah glukózy je u květových medů, což způsobuje rychlejší krystalizaci těchto medů, oproti medovicovým lesním medům. Sacharóza je v medu zastoupená jen v malém množství. Dále jsou přítomny organické kyseliny, aminokyseliny, enzymy, z vitaminů hlavně vitaminy B_6 a B_2, z minerálních látek mangan, železo. Med má o 25–50 % vyšší sladivost než sacharóza (ZEMANOVÁ, 2010). Také dle vyhlášky č. 76/2003 Sb. v aktuálním znění musí být obsah hydroxymethylfurfuralu medovicových i květových medů maximálně 40 mg/kg, u medů z tropů či směsi medů z oblastí s tropickým klimatem nejvýše 80 mg/kg. Pekařský, či průmyslový, med může vykazovat cizí pach a chuť, mohl být vystaven záhřevu a může začínat kva-

sit; je určen pro průmyslové zpracování a do potravin. HMF je důležitým ukazatelem pro posouzení kvality medu. Výrazný nárůst HMF je při záhřevu medu nad 60 °C. Případné vystavení medu záhřevu nad 50 °C znehodnocuje významné látky medu, zejména enzymy. HMF výrazně narůstá záhřevem medu, či skladováním při teplotě vyšší než 30°C. Při skladování medu při teplotě pod 10 °C se množství HMF po dobu 1 roku téměř nezvyšuje. Při zrání medu v plástech za příznivých podmínek pro tvorbu HMF (vyšší teplota, kyselost) vzniká kolem 0,6–2 mg HMF/kg medu (PŘIDAL, 2013). Medy čerstvé a v chladu skladované obsahují do 10 mg/kg HMF. Při pětihodinovém záhřevu medu na 70 °C se dosáhne hodnoty 40 mg HMF/kg medu. Medy obsahující stovky mg HMF svědčí o několikanásobném zahřívání, kdy je podstatně poškozená biologická hodnota medu (BACÍLEK, KAMLER, 2009). HMF je v čistém stavu bezbarvá látka, je velmi reaktivní, rychle na vzduchu hnědne. V medu HMF reaguje se složkami medu, zapříčiňující žlutohnědé zabarvení (PŘIDAL, 2013).

Med vedle sacharidů obsahuje nutričně cenné látky, je snadno stravitelný, podporuje peristaltiku střev, je vhodný pro rekonvalescenty po nemocích a operacích, pro děti, sportovce, a pro osoby těžce pracující a pro lidi ve stresu. Med se kromě konzumace v naturální formě přidává do perníků a pečiva, kdy značně zvyšuje vláčnost produktů. Med se i suší, vzniká krystalický produkt, který se přidává do müsli výrobků. Z medu se dále vyrábí sirupy proti kašli (BACÍLEK, KAMLER, 2009).

Tab. 7 Složení medu (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009 a)

Složka	Průměrný obsah [%]
Fruktóza	38,2
Glukóza	31,3
Maltóza	7,3
Vyšší cukry	1,5
Sacharóza	1,3
Proteiny (enzymy)	0,4
Minerální látky	0,17
Voda	17,2

Invertní cukr

Invertní cukr se získává hydrolýzou sacharózy, kdy vzniká ekvimolární směs dvou monosacharidů: fruktózy a glukózy, jako katalyzátor reakce se používá kyselina, resp katalyzátorem jsou vodíkové ionty z přidávanékyseliny (DODOK, 1988). Použít lze jak

organické kyseliny např. kyselinu citrónovou, tak i minerální kyseliny např. kyselinu chlorovodíkovou, rychleji bude hydrolýza probíhat s minerálními kyselinami než s organickými. Průběh reakce oblivňuje i teplota: při vyšší teplotě bude probíhat hydrolýza sacharózy rychleji.

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \xrightarrow{\text{kyselina, záhřev}} C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$$

sacharóza voda glukóza fruktóza

Invertní cukr má oproti sacharóze jinou optickou otáčivost roviny polarizovaného světla, má jiné fyzikální a senzorické vlastnosti, stejně tak i odlišné chemické složení. Po proběhlé reakci je nutné kyselinu zneutralizovat, aby nevznikaly další rozkladné produkty reakce, které mají hnědou barvu (BLÁHA, KADLEC, PLHOŇ, 1998). Dalšími rozkladnými produkty jsou např. huminové látky, furanové deriváty a organické kyseliny. Z furanových derivátů to je hlavně: z hexóz vznikající 5-hydroxymetyl-2-furaldehyd, z něhož dále vznikají kyselina levulová a kyselina mravenčí (DODOK, 1988)

Zneutralizovat lze po inverzi sacharózy kyselinu chlorovodíkovou hydrogenuhličitanem sodným za vzniku vody, chloridu sodného a oxidu uhličitého. Vznikající CO_2 může vzkypět neutralizovaný cukerný roztok.

$$HCl + NaHCO_3 \longrightarrow H_2O + NaCl + CO_2$$

kyselina chlorovodíková hydrogenuhličitan sodný voda chlorid sodný oxid uhličitý

Nasycený roztok invertního cukru je hygroskopický, sirupovitý a vláčný, těžko krystalizující. Pekařský výrobek v němž byl na místo sacharózy použit invertní cukr je hygroskopický, invertní cukr snadněji zahříváním karamelizuje a zabarvuje výrobek do zlatohněda (BLÁHA, KADLEC, PLHOŇ, 1998).

Invertní cukr lze získat ze sacharózy i hydrolýzou kalatyzovanou enzymaticky enzymem invertázou (SKOUPIL, 1997) neboli sacharázou, β-D-fruktofuranosid-fruktohydrolasou, či β-fruktosidasou (DODOK, 1988).

Postup výroby

Nejprve se svaří 1,050 kg sacharózy s 0,250 kg vody na 115°C, cukrový rozvar se odstaví a vmíchá se do něj kyselina citrónová. Sacharóza se začíná invertovat, neboli

hydrolyzovat, vizuálně se projevuje inverze žloutnutím roztoku. Po získání citronově žlutého roztoku se přídavkem 0,200 kg studené vody ochladí pod 70 °C a vmícháním hydrogenuhličitanu sodného dojde k neutralizaci (BLÁHA, KADLEC, PLHOŇ, 1998)

3.4 Sušenky

Dle vyhlášky MZe č. 333/1997 Sb. v aktuálním znění jsou sušenky výrobky vzniklé upečením těsta kypřeného především chemicky.

Tab. 8 Požadavky na sušenky dle vyhlášky MZe č. 333/1997 Sb. v aktuálním znění

	Tvar a vzhled	Povrch a kůrka	Střídka	Chuť a vůně
Sušenky	pravidelné dle formy	světle hnědá	křehká	jemná

Výroba sušenek

Při výrobě sušenek jsou nejprve míchány sypké suroviny, následuje mísení těsta ve speciálních hnětacích strojích tak, aby se nevytvořila souvislá lepková struktura. Po mísení následuje provalování těsta, tvarování a pečení. Sušenky se pečou v pásových pecích 4–5 min. při 240–280 °C, následně se chladí, při vychladnutí pod 30 °C se slepují, plní, potahují či zdobí. Následně jsou sušenky řazeny a baleny (HRUŠKOVÁ, 2009).

Tvarování těst

Vypichováním: pás těsta požadované tloušťky prochází pod raznicí, která daný tvar vypichuje, nebo se může jednat o válec s vypichovacími hroty, požadované tvary putují dále po páse, zbytky těst se vrací do laminátoru.

Lisováním: těsto je vtlačováno podávacím válcem do prohlubní tvarovacího válce, požadované tvary vypadávají na pohybující se pás.

Vytlačování: otvorem ve tvaru vnějšího obrysu sušenky je vytlačováno těsto, z kterého jsou odřezávány plátky, dle požadované tloušťky sušenek.

Stříkáním: pomocí trysek je řídké těsto vystřikováno ve stejných množstvích na pohybující se pás (HRUŠKOVÁ, 2009).

4 MATERIÁL A METODIKA

4.1 Materiál

Mouka

Byla použita TESCO Pšeničná mouka hladká světlá, vyrobena v České republice.

Tab. 9 Výživové údaje uvedené na obalu mouky

Průměrné výživové hodnoty	100 g obsahuje
Energetická hodnota	1461 kJ
	345 kcal
Tuky	1,7 g
Z toho nasycené mastné kyseliny	0,2 g
Sacharidy	68,9 g
Z toho cukry	2,0 g
Vláknina	3,1 g
Bílkoviny	11,9 g
Sůl	<0,01 g

Cukr

Cukr krupice, výrobce: Cukrovar Vrbátky a.s. 798 13 Vrbátky č.p. 65, Česká republika

Tab. 10 Výživové údaje uvedené na obalu cukru krupice

Průměrné výživové hodnoty	100 g obsahuje
Energetická hodnota	1680 kJ
	400 kcal
Tuky	0 g
Z toho nasycené mastné kyseliny	0 g
Sacharidy	100 g
Z toho cukry	100 g
Bílkoviny	0 g
Sůl	0 g

Třtinová melasa

Bio třtinová melasa, země původu Paraguay, výrobce: Wolfberry, Jan Vejdovský, Bohunická 5, Brno 61900.

Tab. 11 Výživové údaje uvedené na obalu třtinové melasy

Průměrné výživové hodnoty	100 g obsahuje
Energetická hodnota	1262 kJ
	297 kcal
Tuky	0,1 g
Sacharidy	71,1 g
Bílkoviny	3,1 g

Tab. 12 Výživové údaje uvedené na obalu třtinové melasy minerální látky

Minerální látky	100 g obsahuje
Vápník	205 mg
Draslík	1464 mg
Sodík	31 mg
Hořčík	242 mg

Fruktóza

Fruktopur® ovocný cukr, Výrobce: Natura, a.s. Hamry 1596, 580 01 Havlíčkův Brod, Česká republika

Tab. 13 Výživové údaje uvedené na obalu fruktózy

Průměrné výživové hodnoty	100 g obsahuje
Energetická hodnota	1697 kJ
	399 kcal
Bílkoviny	0 g
Sacharidy	99,8 g
Tuky	0 g

Glukóza

Glukopur® dextróza, Výrobce: Natura, a.s. Hamry 1596, 580 01 Havlíčkův Brod, Česká republika

Tab. 14 Výživové údaje uvedené na obalu

Průměrné výživové hodnoty	100 g obsahuje
Energetická hodnota	1551 kJ
	365 kcal
Tuky	0 g
Z toho nasycené mastné kyseliny	0 g
Sacharidy	91 g
Z toho cukry	91 g
Bílkoviny	0 g
Sůl	0,01 g

Datlový sirup

Country Life Bio sirup datlový, Baleno: Country Life, s.r.o., Nenačovice 87, 266 01 Beroun 1

Bio datlový sirup,

Tab. 15 Výživové údaje uvedené na obalu

Průměrné výživové hodnoty	100 g obsahuje
Energetická hodnota	1127 kJ 265 kcal
Tuky	0,6 g
Z toho nasycené mastné kyseliny	0,1 g
Sacharidy	64 g
Z toho cukry	64 g
Bílkoviny	1 g
Sůl	0,001 g

Dále byl použit: **med** květový smíšený z Vysočiny, země původu Česká republika, Product Bohemia, s.r.o. Nová Ves u Chotěboře 582 73, **pšeničný sirup**, SUNFOOD VM s.r.o. Jiráskova 557 Dobruška CZ, k**ukuřičný sirup**, Výroba, balení a distribuce: Natural Jihlava JK s.r.o. Na Dolech 10, 586 01 Jihlava, Země původu: Francie, **jedlá soda,** hydrogenuhličitan sodný pro potraviny, výrobce: Dr.Oetker, s.r.o., Ľadová 14, 811 05 Bratislava, Slovenská republika, **kyselina citrónová** pro potraviny, výrobce: Natura, a.s. Hamry 1596, 580 01 Havlíčkův Brod, Česká republika, **voda:** pitná z vodovodního kohoutku v laboratoři.

Invertní cukr

Invertní cukr byl připraven v laboratoři dle literárního zdroje od autorů BLÁHA, KADLEC, PLHOŇ (1998). Množství hydrogenuhličitanu sodného k neutralizaci kyseliny citronové byl vypočítán:

Výpočet požadovaného hydrogenuhličitanu sodného

Z výše zmíněné rovnice neutralizace kyseliny chlorovodíkové jedlou sodou, byla odvozena rovnice neutralizace pro kyselinu citronovou jedlou sodou.

$$C_6H_8O_7 \cdot H_2O + 3NaHCO_3 \longrightarrow Na_3C_6H_5O_7 + 3CO_2 + 4H_2O$$

monohydrát kyseliny citronové; hydrogenuhličitan sodný; citronan trisodný; oxid uhličitý; voda

Hodnoty molárních hmotností prvků, stejně tak základní vzorce pro výpočet byly použity z literárního zdroje Jančářová, Jančář (2009).

$M(C_6H_8O_7 \cdot H_2O) = 210{,}16$ g/mol

$M(NaHCO_3) = 84{,}01$ g/mol

$m(C_6H_8O_7 \cdot H_2O) = 9$ g

$$\frac{n(C_6H_8O_7 \cdot H_2O)}{n(NaHCO_3)} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{m(C_6H_8O_7 \cdot H_2O)}{M(C_6H_8O_7 \cdot H_2O)} = \frac{1}{3} * \frac{m(NaHCO_3)}{M(NaHCO_3)}$$

$$m(NaHCO_3) = 3 * M(NaHCO_3) * \frac{m(C_6H_8O_7 \cdot H_2O)}{M(C_6H_8O_7 \cdot H_2O)}$$

$$m(NaHCO_3) = 3 * 84{,}01 * \frac{9}{210{,}16} = 10{,}79 \text{ g}$$

4.2 Metodika

4.2.1 Výroba invertního cukru:

Bylo použito: 360 g sacharózy; 180 g vody; 9 g kyseliny citronové (2,5 % na množství sacharózy, zvýšené množství bylo z důvodu rychlejšího dosažení citronově žluté barvy); 10,79 g hydrogenuhličitanu sodného. Všechny úkony probíhaly za stálého míchání.

Sacharóza (360 g) se rozpustila za mírného záhřevu na plotýnkovém vařiči ve 180 g vody, po rozpuštění (časově odpovídalo 4 min) byl přiveden roztok k varu (do 2 min), důkladně se vmíchalo 9 g kyseliny citronové, roztok byl mírně zahříván do dosažení citronově žluté barvy (záhřev trval 21 min), dále se roztok chladil (hrnec se umístil do nádoby/dřezu se studenou vodou) chlazení probíhalo 5 min na teplotu 55 °C, přidal se hydrogenuhličitan sodný a důkladně se zamíchal. Vzniklá hmota (jednalo se o invertní cukr prosycen CO_2, což vytvořilo bílou hmotu) byla umístěna do lednice, a postupně zpracována. Bylo možné počkat několik týdnů, kdy CO_2 ze značné části vyprchal

a zůstal citronově žlutý roztok invertního cukru, popřípadě občasným mícháním uskladněného roztoku redukovat vzniklou pěnu.

Do těsta byl použitinvertní cukr po značném vyprchání oxidu uhličitého, kdy úniku značného množství CO_2 bylo pomoženo důkladným mícháním uskladněného invertního cukru, přesto bylo potřeba těsto důkladně propracovat, aby se případně zbylý oxid uhličitý uvolnil z těsta před pečením a nezpůsoboval nerovnoměrné nakypření finálních výrobků.

4.2.2 Pečení

Receptura, příprava těsta a pečení

Suroviny:

100 g hladké mouky; 40 g sladidla; 0,2 g jedlé sody; 7 g tuku; 22,4 g vejce; 10,56 g vody

Postup přípravy těsta:

Byly naváženy zvlášť sypké a zvlášť tekuté složky, těsně před mícháním sloučeny do mísy, kde byly důkladně promíchány. Vytvořené těsto bylo uloženo do lednice na půl hodiny, následně bylo vyvalováno pomocí speciálního válečku s lištou na stejně vysoký plát (4 mm), pomocí vykrajovátka vykrajován kulatý tvar sušenek. Pokládány na plech s pečícím papírem, postříkány rozprašovačem s vodou, a pečeny do mírného zhnědnutí svědčící o pečenosti sušenek.

Každé použité sladidlo způsobilo jinou výchozí barvu těsta, následně i pečeného pečiva. Stejně tak odlišné vlastnosti sladidel při záhřevu ovlivnilo, že se sušenky při stejné teplotě pekly různě dlouho.

Sušenky byly vyvalovány válečkem s lištou na 4 mm silný plát a vypichovány do kulatého tvaru o průměru 5,7 cm.

Pečení

Pro pečení byla použita teplota 175 °C. U sirupů, invertního cukru, melasy, sacharózy a medu byly použity ještě teploty 200°C a 225°C. Skutečné časy u každé z pečených sušenek jsou uvedeny Tab. 22. Sušenky před pečením byly vlaženy roztřikovačen určeným na vlažení klonků pečiva. Každá sušenka byla zvlažena$\pm$ 0,25 g vody.

Snahou bylo vycházet ze stejné receptúry, aby bylo možné zjištěné výsledky srovnávat. Proto bylo zapotřebí u použitých sypkých sladidel míchat těsto déle, než s tekutými sirupy, neboť jak uvádí DODOK L., (1988) při tvorbě těsta se při zvýšení jeho vlhkosti přidáním vody za jinak shodných podmínek, snižuje potřebný čas míchání, což je zapříčiněno rychlejším nabobtnáním škrobu a lepku.

4.2.3 Vyhodnocení

Vlastnosti těsta

U každého těsta byly zjišťovány jeho vlastnosti: lepivost, vlhkost povrchu a pružnost. Byly použity následující stupnice:

Tab. 16 Stupnice hodnocení lepivosti, vlhkosti povrchu a pružnosti

Lepivost	*Vlhkost povrchu*	*Pružnost*
Lepivé	Vlhký	Pružné
Mírně lepivé	Polovlhký	Středně pružné
Nelepivé	Suchý	Tuhé

Měření pH těsta

Pro měření pH těsta byl využit stolní pH-metr HANNA Instruments pH 212 (Microprocessor pH Meter).

Do těsta byla vložena elektroda pH metru do ustálení hodnoty na pH-metru Každé těsto bylo po přetužení měřeno 3krát.

Vážení těst a sušenek

Těsto, i hotové sušenky byly zváženy na laboratorních vahách s přesností 0,01 g. Těsto bylo váženo před zpracováním a hotové sušenky po vychladnutí, resp. jednu hodinu po upečení.

Dle vztahů uváděných v literárním zdroji KUČEROVÁ (2010) byly z navážených hmotností vypočteny výtěžnosti a ztráta pečením.

Výtěžnost těsta je dána poměrem hmotnosti těsta ku hmotnosti mouky, podíl se násobí stem, pak výtěžnost těsta je vyjádřena v procentech.

$$V_t = \frac{m_t}{m_m} \cdot 100$$

V_t … výtěžnost těsta [%]; m_t … hmotnost těsta [kg]; m_m … hmotnost mouky [kg]

Výtěžnost hotového výrobku je poměr hmotnosti upečeného výrobku ku hmotnosti použité mouky.Vynásobením podílu stem, vyjádříme výtěžnost hotového výrobku v procentech.

$$V_v = \frac{m_v}{m_m} \cdot 100$$

V_v … výtěžnost hotového výrobku [%]; m_v … hmotnost upečeného výrobku [kg]

m_m … hmotnost spotřebované mouky [kg]

Ztráty pečením jsou vyjádřeny jako poměr úbytku hmotnosti během pečení ku hmotnosti těsta, podíl se násobí stem. Ztráty pečením jsou vyjádřeny v procentech.

$$Z_p = \frac{m_t - m_v}{m_t} \cdot 100$$

Z_p … ztráty pečením [%]; m_t … hmotnost těsta [kg]; m_v … hmotnost upečeného výrobku [kg]

Měření objemu pečiva

Objem pečiva byl změřen v mililitrech pomocí řepných semen. Nejdříve bylo odměřeno požadované množství odpovídající objemu kalibrované nádoby, byla po okraj naplněna řepnými semeny. Do stejné nádoby s řepnými semeny, které pokrývaly jen dno, byly následně vkládány sušenky, vždy tak, aby každá byla plně obklopena řepnými semeny; zbylá semena byla nasypána do odměrného válce a zjištěn jejich objem.Objem pečiva byl měřen u sušenek po jejich vychladnutí, resp. hodinu po upečení.

4.2.4 Senzorické hodnocení

Senzoricky byly hodnoceny sušenky teplotní řady 200°C a 225°C. Byly hodnoceny jak základní senzorické ukazatele, tak přijatelnost sušenek a to 7 hodnotiteli, kteří byli předem proškoleni. Dále u sušenek těchto dvou teplotních řad bylo zjištěno zastoupení dílčích chutí.

Vzorky sušenek byly označeny čtyřciferným číselným kódem.Použité formuláře pro senzorické hodnocení jsou uvedeny v Příloze 1 – 3.

4.2.5 Stanovení HMF

4.2.5.1 Příprava vzorku pro stanovení HMF

Pro přípravu vzorku pro stanovení HMF byl použit postup s modifikací dle ZHANG Y-Y.et al., 2012: Nejdříve byly připraveny roztoky Carrez I a Carrez II: Roztok Carrez I: k 15 g $K_4[Fe(CN)_6]\cdot 3H_2O$ (od firmy Lach-Ner, s.r.o.) byla po rysku 100ml odměrné baňky přidána demineralizovaná voda a roztok byl důkladně promíchán. Roztok Carrez II: 30 g $ZnSO_4\cdot 7H_2O$ (od firmy Lach-Ner, s.r.o.) byl rozpuštěn a doplněn demineralizovanou vodou po rysku 100ml odměrné baňky.

Vzorek o hmotnosti 1 g byl navážen do 20ml centrifugační zkumavky s uzávěrem, přidalo se 250 µl roztoku Carrez I dále 250 µl roztoku Carrez II a 9,5 ml demineralizované vody. Centrifugační zkumavka se třepala na třepačce intenzivně (450 otáček/min.) 5 minut, následně se odstředila v centrifuze: 15 min. při 4 000 otáčkách/min. a při 4 °C. Roztok se zfiltroval přes diskový filtr 0,45 µm, naplnily se jím mikrozkumavky typu Eppendorf (1,5ml), které byly uzavřeny a uchovány v mrazáku při -18 °C do doby stanovení HMF pomocí HPLC.

4.2.5.2 Způsob měření HMF

HMF byl měřen na vysokotlaké kapalinové chromatografii,HPLC, (Agilent 1100 Series) s UV/VISdetekcí. Byla použita kolona Agilent ZORBAX Eclipse XDB-C18, rozměry kolony 4,6×150 mm, velikost částic 5 µm, vyrobena v USA.

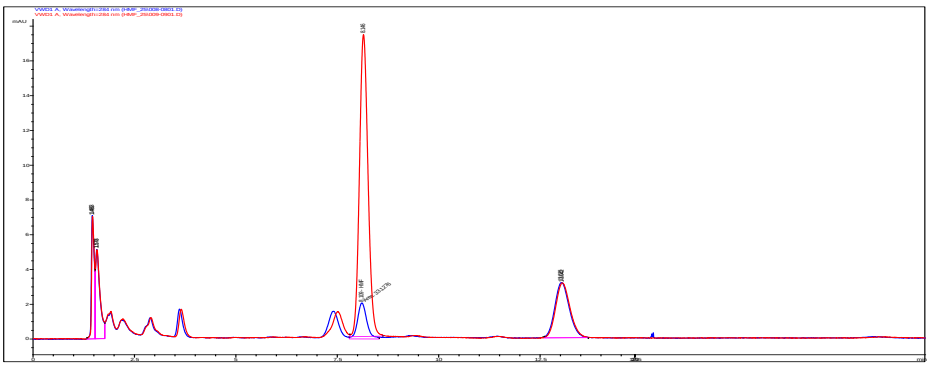
Stanovení probíhalo při vlnové délce 284 nm a teplotě 25°C. Mobilní fáze byla použita methanol-voda (5 : 95; V : V), byla použita izokratická eluce. Průtok mobilní fáze byl 1 ml/min, nástřik na kolonu 10 µl.Data byla získána a zpracována softwarem Agilent ChemStation. Pro kalibraci byl použit standard 5-hydroxymethyl-2-furancarbaldehyd (od firmy Merck spol. s r.o.), z kterého byly vytvořeny roztoky s koncentrací 0,1–100 µg/ml. Hodnoty pro kalibrační křivku jsou uvedeny v Tab. 17 a kalibrační křivka Obr. 2.

Tab. 17 Hodnoty pro kalibrační křivku

Množství HMF v µg/ml	Průměrná hodnota plochy píku
0,1	8,83
1	87,40
5	430,86
10	880,79
25	2217,60
50	4458,60
100	8935,00

Obr. 2 Kalibrační křivka

U vzorků sušenek a těst byl při stanovování souběžně měřen i vzorek s přídavkem standardu, aby se předešlo chybnému stanovení množství HMF ve vzorcích (Obr. 3).



Obr. 3 Těsto s medem: samotný vzorek je vyznačen modře; červeně je tentýž vzorek s přídavkem standardu

4.2.5.3 Vyhodnocení množství HMF

U všech vzorků byl z naměřených hodnot stanoven aritmetický průměr$\bar{x}$. Dále, jelikož se jednalo o měření, kdy počet měření n = 2, bylo vypočteno, dle literárního zdroje JANČÁŘOVÁ, JANČÁŘ (2008): rozpětí $R = x_{max} - x_{min}$; odhad směrodatné odchylky: $s_R = k_n * R$, kde k_n je Dean-Dixonův koeficient, pro n=2 je $k_n = 0{,}8862$.; relativní směrodatná odchylka $s_{r,R}=s_R/\bar{x}$ *100 [%], která stanovuje opakovatelnost stanovení. Čím menší hodnoty směrodatné odchylky a relativní směrodatné odchylky vyjdou, tím přesnější jsou výsledky stanovení Směrodatná odchylka průměru $s\bar{x}_R= s_R/\sqrt{n}$, určuje míru přesnosti aritmetického průměru. Čím vyšší bude hodnota n, tím bude stanovení přesnější. Dále byl vypočten interval spolehlivosti $L_{1,2}$pro malé soubory dle Dean-Dixona, využívající Lordova rozdělení, pro hladinu významnosti α=0,05; $L_{1,2} = \bar{x} \pm K_\alpha$*R, kde$\bar{x}$ je průměrná naměřená hodnota, K_α je kritická hodnota Lordova rozdělení (pro α=0,05 a n=2 je K_α=6,353), a R je rozpětí.

4.2.6 Měření pevnosti sušenek

Pro měření pevnosti sušenek byl použit univerzální přístroj pro měření fyzikálních charakteristik – TIRATESTU 27025 (Německo). Přístroj umožňuje měření různých materiálů v tlaku, tahu a ohybu. Pro testování pevnosti sušenek bylo zvoleno trojbodového ohybu, rychlost zatěžování byla 100 mm/min do okamžiku prasknutí sušenky.

4.2.7 Vyhodnocení dat

Všechna získaná data byla zpracována pomocí programu MS Excel a v programu Statistica 12.

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

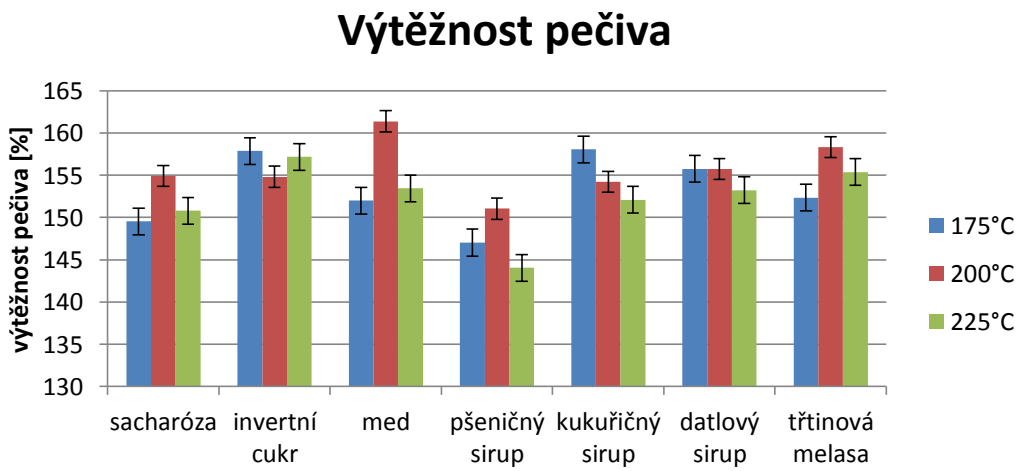
5.1 Naměřené hodnoty při pečení

Vlastnosti těst, hmotnost těst, pH, hmotnost pečiva, výtěžnost pečiva a ztráta pečením, objem pečiva, teplota a doba pečení jsou uvedeny v Tab. 19, 20 a 21, 22

5.1.1 Vlastnosti těst

Těsto se sacharózou bylo suché, tuhé a nelepivé (Tab. 18, 19, 20 a 21). Těsta ze sirupů, invertního cukru a medu byla pružná, vlhká a většinou mírně lepivá, což lze vysvětlit tím, že zmíněná sladidla mají oproti sacharóze vyšší vlhkost, jak zmiňuje ZEMANOVÁ (2010). Při použití sirupů je nutné upravit v receptuře podíl vody či suchých složek. Pro vyhodnocení množství HMF byla použita stejná receptura, tzn., bylo použito stejné množství sladidel tekutin i suchých látek. Všechna těsta byla bez problémů zpracovatelná.

5.1.2 Výtěžnost pečiva



Obr. 4 Výtěžnosti pečiva

Nejvyšší výtěžnost pečiva (Obr. 4) byla zjištěna u medových sušenek pečených při 200°C (161,39 %), druhá nejvyšší u sušenek pečených při 200°C se třtinovou mela-

sou (158,35 %) a třetí u sušenek pečených při 175°C s kukuřičným sirupem (158,06 %). Nejnižší výtěžnost pečiva vykazovaly sušenky s pšeničným sirupem pečené při 225°C (144,05 %).

Tab. 18 Naměřené a vypočtené hodnoty při pečení sušenek pečených při 175°C

použité sladidlo sušenek	vlastnosti těsta			hmotnost těsta [g]	výtěžnost těsta [%]	průměrné pH těsta	hmotnost po upečení [g]	výtěžnost pečiva [%]	ztráta pečením [%]	objem pečiva v ml ze 100 g mouky	teplota pečení ve °C	doba pečení	doba pečení v sekundách	doba pečení v minutách
sacharóza	nele-pivé	Suchý	tu-hé	178,32	178,32	7,19	149,54	149,54	16,14	174	175	14 min. 49 s	889	14,82
invertní cukr	Nele-pivé	Vlhký	pružné	176,97	176,97	5,50	157,88	157,88	10,79	277,5	175	8 min 28 s	508	8,47
Med	mírně lepivé	Vlhký	pružné	178,38	178,38	6,60	152	152	14,79	194	175	12 min. 10 s	730	12,17
pšeničný sirup	mírně lepivé	Vlhký	pružné	175,75	175,75	6,47	147,03	147,03	16,34	201	175	13 min	780	13,00
kukuřičný sirup	Lepi-vé	Vlhký	pružné	183,34	183,34	6,31	158,06	158,06	13,79	227	175	10 min 20 s	620	10,33
datlový sirup	mírně lepivé	vlhký	pružné	178,86	178,86	5,79	155,76	155,76	12,92	218	175	10 min 35 s	635	10,58
třtinová melasa	mírně lepivé	vlhký	pružné	177,37	177,37	5,66	152,36	152,36	14,10	202	175	11 min	660	11,00

Tab. 19 Naměřené a vypočtené hodnoty při pečení sušenek s glukózou, fruktózou při 175°C

použité sladidlo sušenek	vlastnosti těsta			hmot-nost těsta v g	výtěž-nost těsta v %	prů-měrné pH těsta	hmotnost po upečení v g	výtěžnost pečiva v %	ztráta pečením (%)	objem pečiva v ml ze 100 g mouky		teplota pečení ve °C	doba pečení	doba pečení v sekundách	doba pečení v minutách
Glukóza	nele-pivé	suchý	Tuhé	179,11	179,11	6,70	162,75	162,75	9,13	188		175	11 min 18 s	678	11,30
Fruktóza	nele-pivé	polo-vlhký	Tuhé	177,69	177,69	6,52	159,51	159,51	10,23	190		175	8 min 58 s	538	8,97
gl/fr 50/50	nele-pivé	vlhký	pružné	179,39	179,39	6,38	159,08	159,08	11,32	195		175	12 min.	720	12,00
gl/fr 75/25	nele-pivé	polo-vlhký	středně pružné	177,89	177,89	6,54	159,14	159,14	10,54	150		175	9 min 50 s	590	9,83
gl/fr 25/75	mírně lepivé	polo-vlhký	pružné	179,63	179,63	6,42	160,23	160,23	10,80	156		175	9 min 10 s	550	9,17

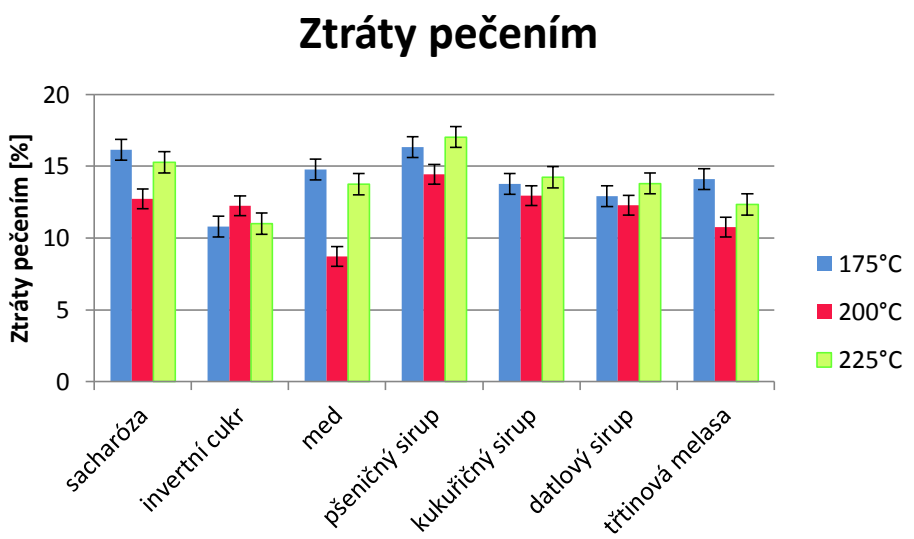
Tab. 20 Naměřené a vypočtené hodnoty při pečení sušenek při 200°C

použité sladidlo sušenek	vlast-nosti těsta	hmotnost těsta v g	výtěžnost těsta v %	průměrné pH těsta	hmotnost po upečení v g	výtěžnost pečiva v %	ztráta pečením (%)	objem pečiva v ml ze 100 g mou-ky		teplota pečení ve °C	doba pečení	doba pečení v sekundách	doba pečení v minutách	
sacharóza	nelepi-vé	Suchý	tuhé	177,54	177,54	7,19	154,92	154,92	12,74	190		200	8 min. 40 s.	520	8,67
invertní cukr	nelepi-vé	Vlhký	pružné	176,42	176,42	5,50	154,82	154,82	12,24	257,5		200	6 min 27 s	387	6,45
Med	mírně lepivé	Vlhký	pružné	176,83	176,83	6,60	161,39	161,39	8,73	230		200	7 min.	420	7,00
pšeničný sirup	mírně lepivé	Vlhký	pružné	176,52	176,52	6,47	151,04	151,04	14,43	195		200	8 min 39 s	519	8,65
kukuřičný sirup	Lepivé	Vlhký	pružné	177,19	177,19	6,31	154,21	154,21	12,97	225,5		200	7 min. 53 s.	473	7,88
datlový sirup	mírně lepivé	Vlhký	pružné	177,57	177,57	5,79	155,75	155,75	12,29	245		200	7 min 35 s	455	7,58
třtinová melasa	mírně lepivé	Vlhký	pružné	177,43	177,43	5,66	158,35	158,35	10,75	225,5		200	7 min. 35 s.	455	7,58

Tab. 21 Naměřené a vypočtené hodnoty při pečení sušenek

použité sladidlo sušenek	vlast-nosti těsta	hmotnost těsta v g	výtěžnost těsta v %	průměrné pH těsta	hmotnost po upečení v g	výtěžnost pečiva v %	ztráta pečením (%)	objem pečiva v ml ze 100 g mou-ky		teplota pečení ve °C	doba pečení	doba pečení v sekundách	doba pečení v minutách		
sacharóza	nelepi-vé	Suchý	tuhé	178	178	7,19	150,8	150,8	15,28	200		225	6 min 33s	393	6,55
invertní cukr	nelepi-vé	Vlhký	pružné	176,62	176,62	5,50	157,18	157,18	11,01	285		225	5 min 13 s	313	5,22
med	mírně lepivé	Vlhký	pružné	177,95	177,95	6,60	153,46	153,46	13,76	210		225	6 min 20 s	380	6,33
pšeničný sirup	mírně lepivé	vlhký	pružné	173,64	173,64	6,47	144,05	144,05	17,04	227,5		225	6 min 30 s	390	6,50
kukuřičný sirup	Lepivé	vlhký	pružné	177,36	177,36	6,31	152,11	152,11	14,24	220		225	5 min 25 s	325	5,42
datlový sirup	mírně lepivé	vlhký	pružné	177,78	177,78	5,79	153,24	153,24	13,80	222,5		225	6 min 55 s	415	6,92
třtinová melasa	mírně lepivé	vlhký	pružné	177,27	177,27	5,66	155,38	155,38	12,35	217,5		225	6 min 32 s	392	6,53

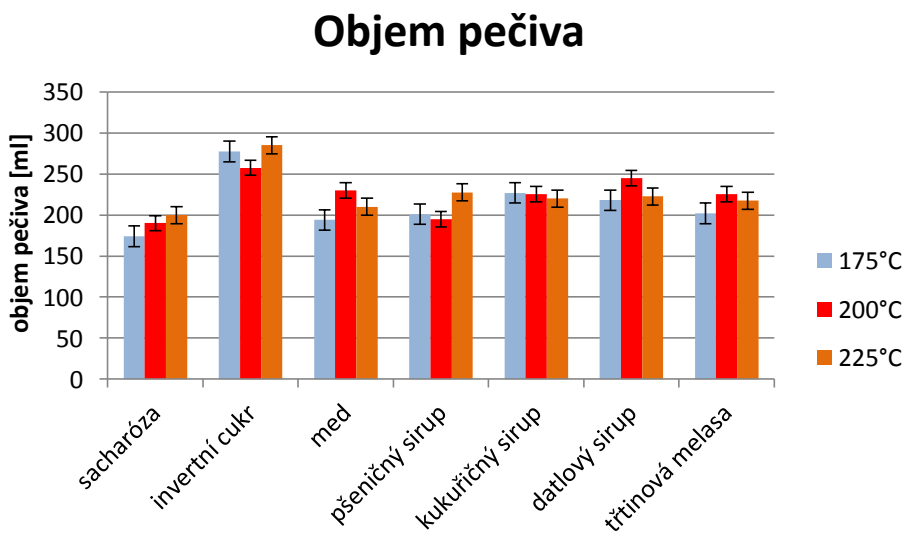
5.1.3 Ztráty pečením



Obr. 5 Ztráty pečením

Nejvyšší ztráty pečením (Obr. 5) byly zaznamenány u sušenek s pšeničným sirupem pečených při 225°C (17,04 %), následně u sušenek s pšeničným sirupem pečených při 175°C (16,34 %) a třetí nejvyšší hodnota ztrát byla u sacharózy pečené při 175°C (16,14 %). Nejnižší ztráty pečením byly zjištěny u medových sušenek pečených při 200°C (8,73 %) a třtinové melasy (10,75 %) při téže teplotě.

5.1.4 Objem pečiva



Obr. 6 Objem pečiva

Nejvyšší objem (Obr. 6) byl stanoven u sušenek s invertním cukrem pečených při 225°C s objemem 285 ml, druhá nejvyšší hodnota objemu byla stanovena u sušenek s invertním cukrem pečených při 175°C (277,5 ml) a třetí nejvyšší objem byl zjištěn u sušenek opět s invertním cukrem pečených při 200 °C (257,5 ml). Nejnižší objem měly sušenky ze sacharózy 175°C (174 ml), 2. nejnižší hodnotu měly opět sušenky ze sacharózy pečené při 200°C (190 ml) a třetí nejnižší hodnotu měly sušenky s medem pečených při 175°C (194 ml). Vysoké hodnoty objemu pečiva u sušenek s invertním cukrem, byl s největší pravděpodobností zapříčiněn oxidem uhličitým přetrvávajícím v invertním cukru z neutralizace kyseliny citronové hydrogenuhličitanem sodným.

V Příloze 4 až 7 jsou umístěny fotografie napečených sušenek.

5.2 Stanovené množství HMF

Všechny výsledky ze stanovení, včetně vypočtených průměrů a odchylek a intervalů spolehlivosti jsou uvedeny v Příloze 8.

5.2.1 Výsledky stanovení HMF v použitých sladidlech

Tab. 22 Stanovené koncentrace HMF ve sladidlech

Sladidlo	c HMF [mg/kg]
Sacharóza	0,12
Invertní cukr	1387,95
Med - květový	20,24
Pšeničný sirup	4,64
Kukuřičný sirup	0,47
Datlový sirup	8,36
Třtinová melasa	41,38
Glukóza	0,13
Fruktóza	1,94

Nejvyšší hodnota HMF (Tab. 22) byla naměřena u invertního cukru (1387,95 mg/kg), druhou nejvyšší hodnotu vykazovala třtinová melasa (41,38 mg/kg). Z použitých sirupů měl nejvyšší hodnotu datlový sirup (8,36 mg/kg), kukuřičný sirup nejnižší hodnotu (0,47 mg/kg). Vysoký obsah HMF u invertního cukru (1387,95 mg/kg), který byl vyroben ze sacharózy záhřevem za přídavku kyseliny citrónové, vytvořilo ideální podmínky pro tvorbu HMF, neboť jak uvádí GÖKMEN, MORALES (2014) HMF se tvoří více při nižším pH a vyšší teplotě v surovinách bohatých na cukry. Bylo by možné eliminovat množství HMF výrobou invertního cukru enzymatickou hydrolýzou sacharózy, jak uvádí TITĚRA (2009) enzymatickou hydrolýzou HMF nevzniká. Nicméně lze předpokládat, že skladováním invertního cukru vyrobeného enzymatickou hydrolýzou, by HMF vznikalo, neboť se jedná o vysoce cukerný produkt. Naměřený obsah HMF v medu (20,24 mg/kg), plně vyhovuje legislativním požadavkům dle vyhlášky č. 76/2003 Sb. v aktuálním znění, kdy nesmí být obsah HMF vyšší, než 40 mg/kg.

5.2.2 Výsledky stanovení HMF v těstech a sušenkách

Tab. 23 Stanovené množství HMF v těstě a sušenkách pečených při 175°C, 200°C a 225°C

Použité sladidlo	HMF [mg/kg]			
	Těsto	175°C	200°C	225°C
Sacharóza	0	0,68	0,81	0,48
Invertní cukr	314,33	208,10	220,99	251,83
Med	2,72	9,44	8,96	20,43
Pšeničný sirup	0,68	2,30	2,60	1,90
Kukuřičný sirup	0	1,67	0,99	3,08
Datlový sirup	1,29	3,50	4,16	6,69
Třtinová melasa	8,06	13,99	10,83	10,39

Pořadí množství HMF v těstě (Tab. 24) odpovídá množství HMF ve sladidlech (Tab. 23). Nejvyšší hodnota HMF v těstě byla s inverním cukrem (314,33 mg/kg), druhý nejvyšší obsah mělo těsto se třtinovou melasou (8,06 mg/kg), třetí nejvyšší množtví bylo v těstě s medem s hodnotou 2,72 mg/kg. Těsta se sirupy: nejvyšší hodnotu mělo těsto s datlovým sirupem (1,29 mg/kg).

Stanovené množství HMF v sušenkách pečených při 175 °C odpovídá pořadí, jaké bylo u těst, popř. sirupů. Nejvyšší stanovená hodnota HMF v sušenkách pečených při 175°C byla v sušenkách s invertním cukrem (208,10 mg/kg) druhé nejvyšší naměřené množství bylo u sušenky se třtinovou melasou (13,99 mg/kg), a třetí nejvyšší hodnota byla stanovena u sušenek s medem (9,44 mg/kg). U sušenek se sirupy byla nejvyšší hodnota u sušenek s datlovým sirupem (3,50 mg/kg).

Množství HMF v sušenkách pečených při 200 °C opět odpovídalo předešlým pořadím. Nejvyšší množství bylo stanoveno v sušenkách s invertním cukrem (220,99 mg/kg), druhá nejvyšší hodnota byla stanovena u sušenek se třtinovou melasou (10,83 mg/kg), a třetí u sušenek s medem (8,96 mg/kg). U sušenek se sirupem byla nejvyšší množství stanovena u sušenek s datlovým sirupem (4,16 mg/kg).

Sušenky pečené při teplotě 225 °C měly nejvyšší hodnotu HMF sušenky s invertním cukrem (251,83 mg/kg), druhá nejvyšší hodnota byla stanovena u sušenek s medem (20,43 mg/kg). Sušenky s datlovým sirupem s průměrnou hodnotou 6,69 mg/kg měla nejvíce HMF ze sušenek ze sirupů.

Množství HMF stoupalo s teplotou pečení u sušenek s invertním cukrem a s datlovým sirupem. Těsto s invertním cukrem vykazuje vyšší množství HMF, než hodnota naměřená v sušenkách s invertním cukrem. Sušenky se třtinovou melasou měly nejvyšší hodnotu pečené při 175 °C, při vyšších teplotách bylo naměřeno méně HMF. U sacharózy, pšeničného sirupu, rostly hodnoty stanoveného HMF do teploty 200°C, S kukuřičným sirupem se vzrůstající teplotou rostlo i množství HMF, nicméně množstevní propad byl u sušenek při teplotě 200°C.

Množství tvorby HMF u sušenek záleží na druhu sladidla, kdy množství HMF rostlo s teplotou pečení jen u sušenek s datlovým sirupem a invertním cukrem.

5.2.3 Rozdíly stanovených koncentrací HMF

Tab. 24 Rozdíly hmotnostních koncentrací HMF

HMF [mg/kg]	Δc těsto-sladidlo	Δc sušenka 175°C-těsto	Δc sušenka 200°C-sušenka 175°C	Δc sušenka 225°C-sušenka 200°C
Sacharóza	-0,12	0,68	0,13	-0,32
Invertní cukr	-1073,62	-106,23	12,89	30,84

Med	-17,52	6,72	-0,48	11,47
Pšeničný sirup	-3,96	1,62	0,30	-0,70
Kukuřičný sirup	-0,47	1,67	-0,68	2,09
Datlový sirup	-7,07	2,21	0,66	2,53
Třtinová melasa	-33,32	5,94	-3,16	-0,45

Nejvyšší rozdíl naměřených hodnot HMF (Tab. 25) byl s použitím invertního cukru a to vůči výchozímu sladidlu a těstu, kdy těsto vykazovalo o 1073 mg HMF/kg nižší hodnotu, než původní sladidlo. Mezi sušenkami pečenými při různých teplotách je nejvyšší kladný rozdíl u sušenek s invertním cukrem, kdy rozdíl mezi sušenkami pečenými při 225°C a 200°C byl 30,84 mg/kg. Pokles množství HMF v sušenkách pečených při 175 °C s invertním cukrem, oproti množství HMF v těstu s invertním cukrem, je dán tím, že těsto bylo kyselé a HMF nebylo měřeno ihned po vytvoření těsta. Jak uvádí GÖKMEN, MORALES (2014) stoupá množství HMF vlivem skladování. A více HMF se tvoří v kyselém prostředí.

Tab. 25 Rozdíly koncentrací HMF vůči těstu

HMF [mg/kg]	Δc sušenka 175°C-těsto	Δc sušenka 200°C-těsto	Δc sušenka 225°C-těsto
Sacharóza	0,68	0,81	0,48
Invertní cukr	-106,23	-93,34	-62,50
Med	6,72	6,24	17,71
Pšeničný sirup	1,62	1,92	1,22
Kukuřičný sirup	1,67	0,99	3,08
Datlový sirup	2,21	2,87	5,40
Třtinová melasa	5,94	2,78	2,33

Největší záporný rozdíl množství HMF (Tab. 26) má těsto s invertním cukrem k sušenkám pečeným při 175°C a nejvyšší kladný rozdíl vůči těstu vykazovaly sušenky s medem pečené při 225°C. Resp. všechny stanovené hodnoty HMF u sušenek pečených při jakýchkoliv teplotách měly vždy vyšší hodnotu HMF, než byla v původním těstě, s výjimkou sušenek a těsta s invertním cukrem. Zde vykazovalo těsto mnohem vyšších hodnot, než u upečených sušenek. Zvýšenou hodnotu lze pravděpodobně vysvětlit kyselostí těsta. Neboť vzorky pro stanovení hodnoty HMF z těsta byly odebírány až následného dne, tak je možné, že kyselost těsta způsobila nárůst HMF. Je-li zmiňo-

vaná domněnka správná, pak svědčí o vysoké rychlosti nárůstu HMF v kyselých potravinách.

Tab. 26 Rozdíly koncentrací HMF vůči sladidlu

HMF [mg/kg]	Δc těsto-sladidlo	Δc sušenka 175°C-sladidlo	Δc sušenka 200°C-sladidlo	Δc sušenka 225°C-sladidlo
Sacharóza	-0,12	0,56	0,69	0,36
Invertní cukr	-1073,62	-1179,86	-1166,96	-1136,12
Med	-17,52	-10,80	-11,28	0,19
Pšeničný sirup	-3,96	-2,34	-2,04	-2,74
Kukuřičný sirup	-0,47	1,21	0,53	2,61
Datlový sirup	-7,07	-4,86	-4,20	-1,67
Třtinová melasa	-33,32	-27,38	-30,54	-30,99

Rozdíl vůči výchozímu sladidlu (Tab. 27) je vidět, že nejvyšší záporný rozdíl vykazuje sušenka pečená při 175°C s invertním cukrem. Kladných rozdílů hodnot nabývají již sušenky pečené při 175°C jak se sacharózou, tak s kukuřičným sirupem, u sušenek pečených při 225°C byla kladná hodnota i u medových sušenek.

5.2.4 Výsledky stanovení HMF v těstě a sušenkách s glukózou a fruktózou

Tab. 27 HMF v těstech a sušenkách (pečeno při 175°C) s glukózou, fruktózou a sacharózou

Sladidlo	HMF [mg/kg]	
	Těsto	Sušenka
Sacharóza	0	0,68
Glukóza	0	2,89
Gl/fr 75/25	0,13	2,30
Gl/fr 50/50	0,23	4,80
Gl/fr 25/75	0,22	0,81
Fruktóza	0	0,93

U všech variant s glukózou a fruktózou (Tab. 28) je vidět nárůst množství HMF v sušenkách oproti těstu, přičemž nejvyšší množství bylo naměřeno v sušenkách s použitím 50 % glukózy a 50 % fruktózy, druhá nejvyšší hodnota byla stanovena u sušenek s glukózou a třetí nejvyšší hodnota byla stanovena u sušenek se 75 % glukózy a 25 % fruktózy.

Množství HMF u sušenek se sacharózou je nižší, než s glukózou, jak uvádí shodně i zdroj GÖKMEN et al (2007). Stanovené množství HMF v sušenkách s fruktózou je nižší, než v sušenkách s glukózou, což je v rozporu se zdrojem PŘIDAL (2013), který tvrdí, že fruktóza degraduje nejintenzivněji na HMF, v porovnání s glukózou a sacharózou. Nejvyšší námi naměřené množství HMF bylo u varianty glukóza/fruktóza 50/50, což by mělo odpovídat složení invertnímu cukru, neboť se jedná o ekvimolární směs glukózy a fruktózy, jak uvádí zdroj BLÁHA, KADLEC, PLHOŇ (1998).

5.2.5 Množství HMF v těstě a pH těsta

Tab. 28 Koncentrace HMF v těstě a pH těsta

Použité sladidlo	pH	c HMF v těstě [mg/kg]
Sacharóza	7,19	0
Invertní cukr	5,50	314,33
Med	6,60	2,72
Pšeničný sirup	6,47	0,68
Kukuřičný sirup	6,31	0
Datlový sirup	5,79	1,29
Třtinová melasa	5,66	8,06

Nejkyselejší těsto (pH 5,5), těsto s invertním cukrem (Tab. 29), mělo i nejvyšší množství HMF 314,33 mg/kg. Druhé nejkyselejší těsto (pH 5,66), těsto se třtinovou melasou, mělo druhou nejvyšší hodnotu množství HMF v těstě 8,06 mg/kg. Jediné těsto vykazující pH v zásadité oblasti bylo těsto se sacharózou pH 7,19, které mělo 0 mg/kg HMF. 0 mg/kg HMF bylo naměřeno i u těst s pH 6,52 (těsto s fruktózou), pH 6,70 (těsto s glukózou) a 6,31 (těsto s kukuřičným sirupem). Třetí nejvyšší hodnota HMF (2,72 mg/kg) byla stanovena u těsta s medem, kdy průměrná hodnota pH byla 6,60. Čtvrtá nejvyšší hodnota HMF (1,29 mg/kg) byla zjištěna u těsta s datlovým sirupem, které bylo 3. nejkyselejší těsto (pH 5,79).

5.3 Stanovení pevnosti sušenek

5.3.1 Sušenky pečené při 175°C

Tab. 29 Pevnosti sušenek pečených při 175°C

	1. měření [N]	2. měření [N]	3. měření [N]	4. měření [N]	Průměr [N]	Směrodatná odchylka [N]	Rozptyl [N²]	Minimum [N]	Maximum [N]	Variační rozpětí R [N]
sušenka sacharóza 175°C	87,6	75,1	90,5		84,4	6,69	44,76	75,1	90,5	15,4
sušenka invertní cukr 175°C	16,2	25,5	17,1	19,1	19,5	3,65	13,29	16,2	25,5	9,3
sušenka med 175°C	116,5	37,4	96,0	35,6	71,4	35,64	1270,3	35,6	116,5	81,0
sušenka pšeničný sirup 175°C	63,8	55,3	9,1	78,1	51,6	25,81	666,20	9,1	78,1	68,2
sušenka kukuřičný sirup 175°C	36,5	28,3	24,3	52,7	35,5	10,91	119,07	24,3	52,7	28,4
sušenka datlový sirup 175°C	34,9	30,9	21,9	33,0	30,2	4,99	24,86	21,9	34,9	13,0
sušenka třtinová melasa 175°C	26,9	31,1	35,6	39,6	33,3	4,75	22,54	26,9	39,6	12,7

Nejpevnější sušenky pečené při 175°C, byly sušenky se sacharózou (Tab. 30), nejméně pevné byly sušenky s invertním cukrem. Největší variační rozpětí naměřených hodnot byl zjištěn u medových sušenek (80,95 N).

5.3.2 Sušenky pečené při 200°C

Tab. 30 Pevnost sušenek pečených při 200 °C

	1. měření [N]	2. měření [N]	3. měření [N]	4. měření [N]	Průměr [N]	Směrodatná odchylka [N]	Rozptyl [N²]	Minimum [N]	Maximum [N]	Variační rozpětí R [N]
sušenka sacharóza 200°C	44,87	70,84	74,76	77,21	66,92	12,93	167,23	44,87	77,21	32,3
sušenka invertní cukr 200°C	12,47	13,53	16,61	14,94	14,39	1,554	2,414	12,47	16,61	4,14
sušenka med 200°C	11,83	9,46	12,46	13,10	11,71	1,376	1,893	9,46	13,10	3,64
sušenka pšeničný sirup 200°C	26,27	29,75	41,78	48,39	36,55	8,937	79,864	26,27	48,39	22,1
sušenka kukuřičný sirup 200°C	46,43	47,83	49,13	40,56	45,99	3,276	10,731	40,56	49,13	8,57
sušenka datlový sirup 200°C	13,34	16,57	11,62	10,36	12,97	2,331	5,433	10,36	16,57	6,21
sušenka třtinová melasa 200°C	22,70	14,89	19,99	16,91	18,62	2,973	8,840	14,89	22,70	7,81

Nejvyšší pevnost sušenek pečených při 200°C (Tab. 31) byla u sušenek se sacharózou (66,92 N), nejnižší průměrná naměřená hodnota pevnosti, byla stanovena u sušenek s medem (11,71 N). Nejvyšší variační rozpětí bylo u sušenek se sacharózou (32,34 N).

5.3.3 Sušenky pečené při 225°C

Tab. 31 Pevnost sušenek pečených při 225°C

	1. měření [N]	2. měření [N]	3. měření [N]	4. měření [N]	Průměr [N]	Směrodatná odchylka [N]	Rozptyl v [N²]	Minimum [N]	Maximum [N]	Variační rozpětí R [N]
sušenka sacharóza 225°C	69,9	57,9	65,1	47,7	60,2	8,37	70,0	47,72	69,97	22,3
sušenka invertní cukr 225°C	13,1	13,4	14,2	13,5	13,6	0,38	0,14	13,18	14,19	1,01
sušenka med 225°C	16,8	12,5	14,2	12,7	14,1	1,74	3,01	12,49	16,84	4,35
sušenka pšeničný sirup 225°C	58,7	77,3	58,1	76,7	67,7	9,28	86,0	58,09	77,27	19,2
sušenka kukuřičný sirup 225°C	20,6	36,0	17,4	12,4	21,6	8,82	77,8	12,44	36,04	23,6
sušenka datlový sirup 225°C	13,7	11,5	18,2	11,8	13,8	2,67	7,13	11,51	18,19	6,68
sušenka třtinová melasa 225°C	32,4	28,3	20,7	20,4	25,5	5,09	25,9	20,42	32,37	11,9

Nejvyšší pevnost naměřena u sušenek pečených při 225°C (Tab. 32) byla u sušenek s pšeničným sirupem (67,69 N). Nejnižší průměrná hodnota byla naměřena u sušenek s invertním cukrem s hodnotou (13,57 N). Největší variační rozpětí pevnosti vykazovaly sušenky s kukuřičným sirupem (23,60 N).

5.3.4 Pevnost sušenek všech tří použitých teplot pečení

Tab. 32 Pevnosti sušenek všech tří použitých teplot

Sladidlo	Pevnost [N]	175°C	200°C	225°C
Sacharóza		84,39	66,92	60,15
Invertní cukr		19,48	14,39	13,57
Med		71,35	11,71	14,07
Pšeničný sirup		51,58	36,54	67,69
Kukuřičný sirup		35,45	45,99	21,62
Datlový sirup		30,16	12,97	13,80
Třtinová melasa		33,29	18,62	25,45

Nejvyšší pevnost (Tab. 33) ze všech naměřených vzorků vykazovaly sušenky se sacharózou pečených při 175°C. Nejmenší pevnost měly sušenky s medem pečených při 200°C.

Nižší pevnost sušenek lze vysvětlit vyšším zastoupením vlhkosti v sirupech MÍŠKOVÁ (2015). Med se běžně přidává do pečiva a perníků pro zvýšení vláčnosti produktů BACÍLEK, KAMLER (2009) a invertní cukr je vysoce hygroskopický BLÁHA, KADLEC, PLHOŇ (1998).

5.4 Množství HMF v závislosti na době pečení

Tab. 33 Množství HMF a doba pečení

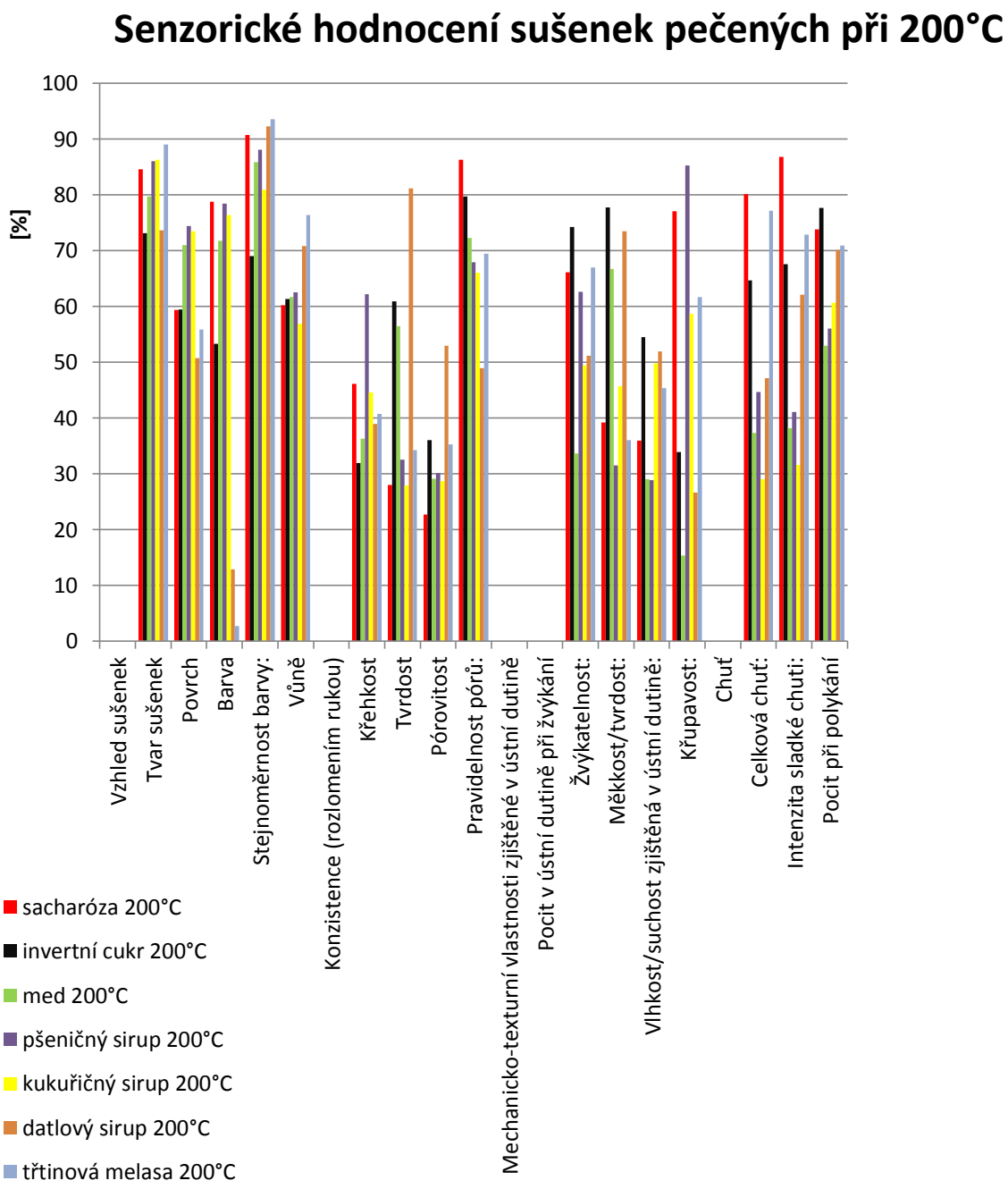
Teplota pečení	175°C		200°C		225°C	
	Doba pečení [s]	HMF [mg/kg]	Doba pečení [s]	HMF [mg/kg]	Doba pečení [s]	HMF [mg/kg]
Sacharóza	889	0,68	520	0,81	393	0,48
Invertní cukr	508	208,10	387	220,99	313	251,83
Med	730	9,44	420	8,96	380	20,43
Pšeničný sirup	780	2,30	519	2,60	390	1,90
Kukuřičný sirup	620	1,67	473	0,99	325	3,08
Datlový sirup	635	3,50	455	4,16	415	6,69
Třtinová melasa	660	13,99	455	10,83	392	10,39

Pro určení závislosti doby pečení by byly vhodné použít konstantní teploty pečení a různé doby pečení. Z Tab. 34 lze říci, že záleží na druhu použitého sladidla.

5.5 Senzorické hodnocení sušenek

5.5.1 Senzorické hodnocení

5.5.1.1 Senzorické hodnocení sušenek pečených při 200°C



Obr. 7 Senzorické hodnocení sušenek pečených při 200 °C

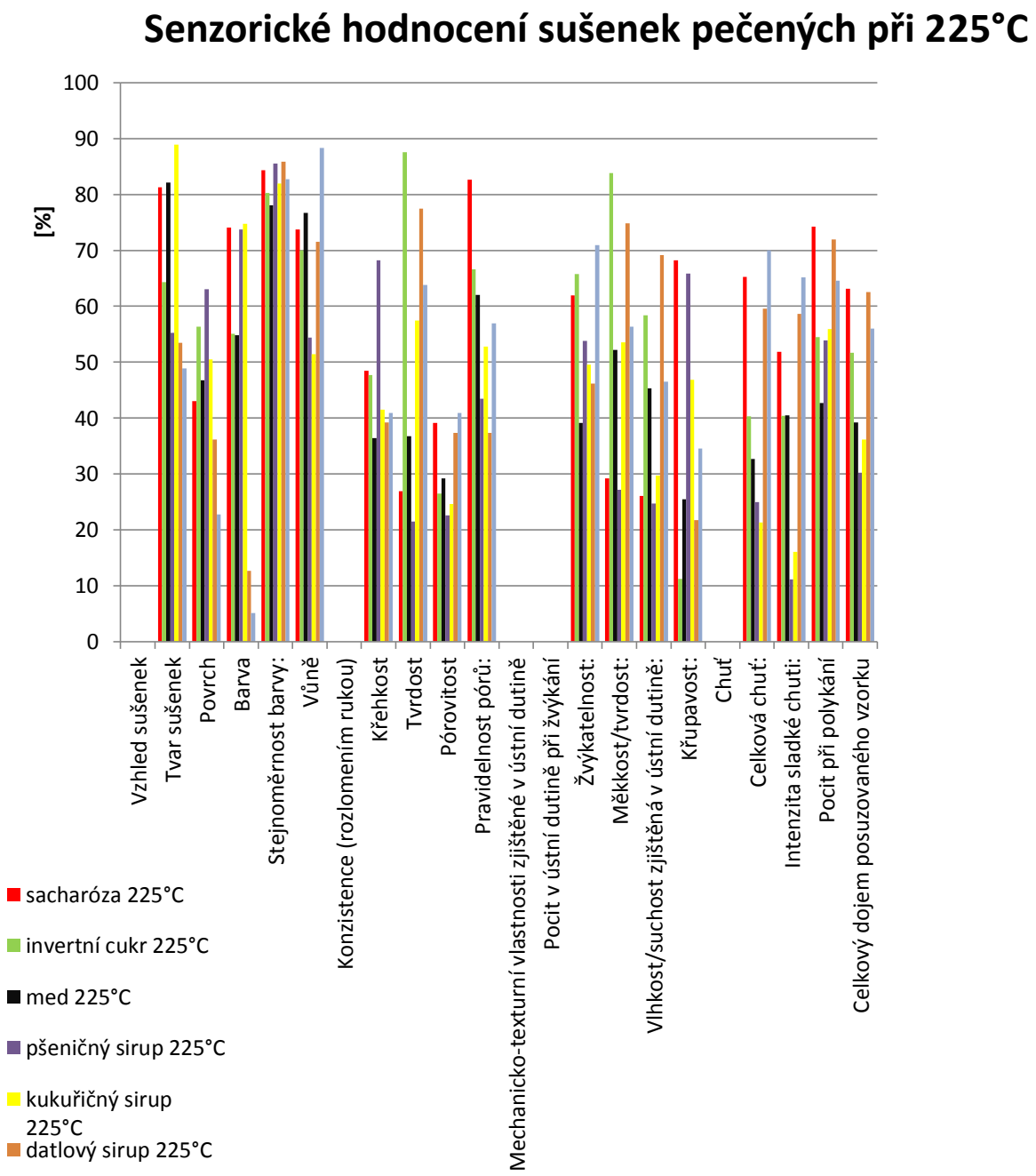
Při senzorickém hodnocení sušenek pečených při 200°C (Obr. 7) nejsvětlejší byly sušenky s pšeničným sirupem, nejlepší stálost jedné barvy měly sušenky se třtinovou melasou, Nejintenzivnější vůni měly sušenky se třtinovou melasou, které měly druhou nejvyšší naměřenou hodnotu HMF (Tab. 24), a jak uvádí zdroj PŘÍHODA, HUMPOLÍKOVÁ, NOVOTNÁ (2003), sloučeniny furfuralu jsou senzoricky aktivní látky, co se týče vůně, (i chuti). Nejintenzivnější celkovou chuť i sladkou chuť, stejně tak i nejlépe hodnocený celkový dojem byl u sušenek se sacharózou. Nejtmavší vzorky sušenek byly

se třtinovou melasou a s datlovým sirupem. Vady v jednotnosti barvy vykazovaly sušenky s invertním cukrem, které vykazovaly na povrchu sušenek žlutavé skvrny. Největší pórovitost vykazovaly sušenky s datlovým sirupem, hodnotou se blížily „středně velkým pórům“, místy se tvořily v sušenkách s datlovým sirupem velké póry (resp. boule), na toto poukazuje i asesory zhodnocený povrch, jako nejvíce hrbolatý. Stejně tak druhý nejhrbolatější povrch vykazovaly sušenky se třtinovou melasou (tvořily se boule), byť hodnotiteli byla pórovitost u sušenek ze třtinové melasy označena jako třetí největší a jako čtvrtá nejlépe/ Nejlépe žvýkatelná byla, a zároveň druhá nejměkčí a nejsnáze polykatelná sušenka byla s invertním cukrem. Nejsladší se jevila sušenka se sacharózou, což se shoduje i se senzorickým hodnocením dílčích chutí. Sušenky s kukuřičným sirupem byly hodnoceny v celkovém hodnocení jako nejhorší, ale dostaly se na 51 %, kdy 50% bylo označeno jako „dobrý, průměrný.“ Nejhorší celkové zhodnocení sušenek s kukuřičným sirupem zřejmě způsobila nejméně výrazná celková chuť a nejméně výrazná sladká chuť.

Pevnost sušenek pečených při 200 °C stanovená TIRATESTEM (Tab. 31) byla největší u sušenek se sacharózou a nejnižší vykazovala u sušenek s medem, dle asesorů nejtvrdší sušenky rozlomením rukou byly z kukuřičného sirupu (21,91 %), ze sacharózy měly jen nepatrně vyšší hodnotou (21,98 %). Tvrdostí v ústní dutině se asesoři liší, byla stanovena jako nejtvrdší sušenka z pšeničného sirupu a sušenky se sacharózou byly označeny jako třetí nejtvrdší. Nejměkčí rozlomením rukou byly označeny sušenky s datlovým sirupem, následovaly sušenky s invertním cukrem a v ústní dutině se jevily jako nejměkčí sušenky s invertním cukrem, což se shodovalo s pevností zjištěnou TIRATESTEM.

U celkového hodnocení, nejlepší hodnocení vykazují sušenky se sacharózou, druhé nejlepší s invertním cukrem a třetí nejlepší s datlovým sirupem, při diskuzi po hodnocení se hodnotitelé shodli, že velice dobrá byla sušenka s datlovým sirupem.

5.5.1.2 Hlavní senzorické hodnocení sušenek pečených při 225 °C



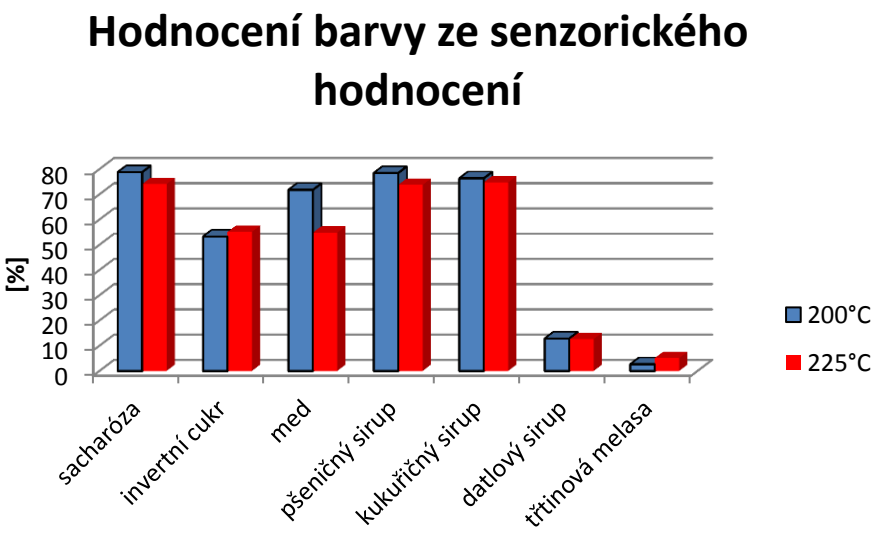
Obr. 8 Senzorické hodnocení sušenek pečených při 225 °C

Senzorické hodnocení sušenek při 225°C (Obr 8), nejstejnoměrnější barvu vykazovaly sušenky s datlovým sirupem. Nejintenzivnější vůni vykazovaly sušenky s třtinovou melasou. Nejintenzivnější celkovou chuť a sladkou chuť vykazovaly sušenky se třtinovou melasou. nejlepší celkový dojem posuzovaného vzorku měla opět sušenka se sacharó-

zou, druhý nejlepší celkový dojem vykazovaly sušenky s datlovým sirupem a třetí nejlepší celkový dojem měly se třtinovou melasou. Mírně nepravidelný tvar měly sušenky se třtinovou melasou. Nejhrbolatější povrch měly se třtinovou melasou, druhé nejhrbolatější byly sušenky s datlovým sirupem. Nejtmavší byly sušenky se třtinovou melasou, druhé nejtmavší (ale o něco světlejší) byly sušenky s datlovým sirupem. Nejméně stejnoměrné v barvě byly sušenky s medem (vykazovaly žlutohnědé flíčky na povrchu). Nejhorší celkový dojem posuzovaného vzorku měly sušenky s pšeničným sirupem, druhé nejhorší byly s kukuřičným sirupem a třetí nejhorší s medem.

Měkkost a tvrdost, resp. pevnost zjištěná senzoricky a zjištěná TIRATESTEM u sušenek pečených při 225 °C: Senzoricky byly jako nejtvrdší sušenky, jak rozlomením rukou, tak v ústní dutině, zhodnoceny sušenky s pšeničným sirupem, o něco měkčí byly se sacharózou, což se naprosto shodovalo s TIRATESTEM, kdy nejpevnější sušenka s pšeničným sirupem vykazovala hodnotu 67,69 N, o něco méně pevnější byla sušenka se sacharózou 60,15 N. A nejměkčí sušenka byla označená, jak s hodnocením rozlomením rukou, tak v ústní dutině, s invertním cukrem, o něco tvrdší s datlovým sirupem, stejně tak TIRATESTEM vykazovala nejmenší pevnost sušenka s invertním cukrem 13,57 N, o něco málo pevnější s datlovým sirupem 13,8 N.

5.5.1.3 Senzorické hodnocení - barva

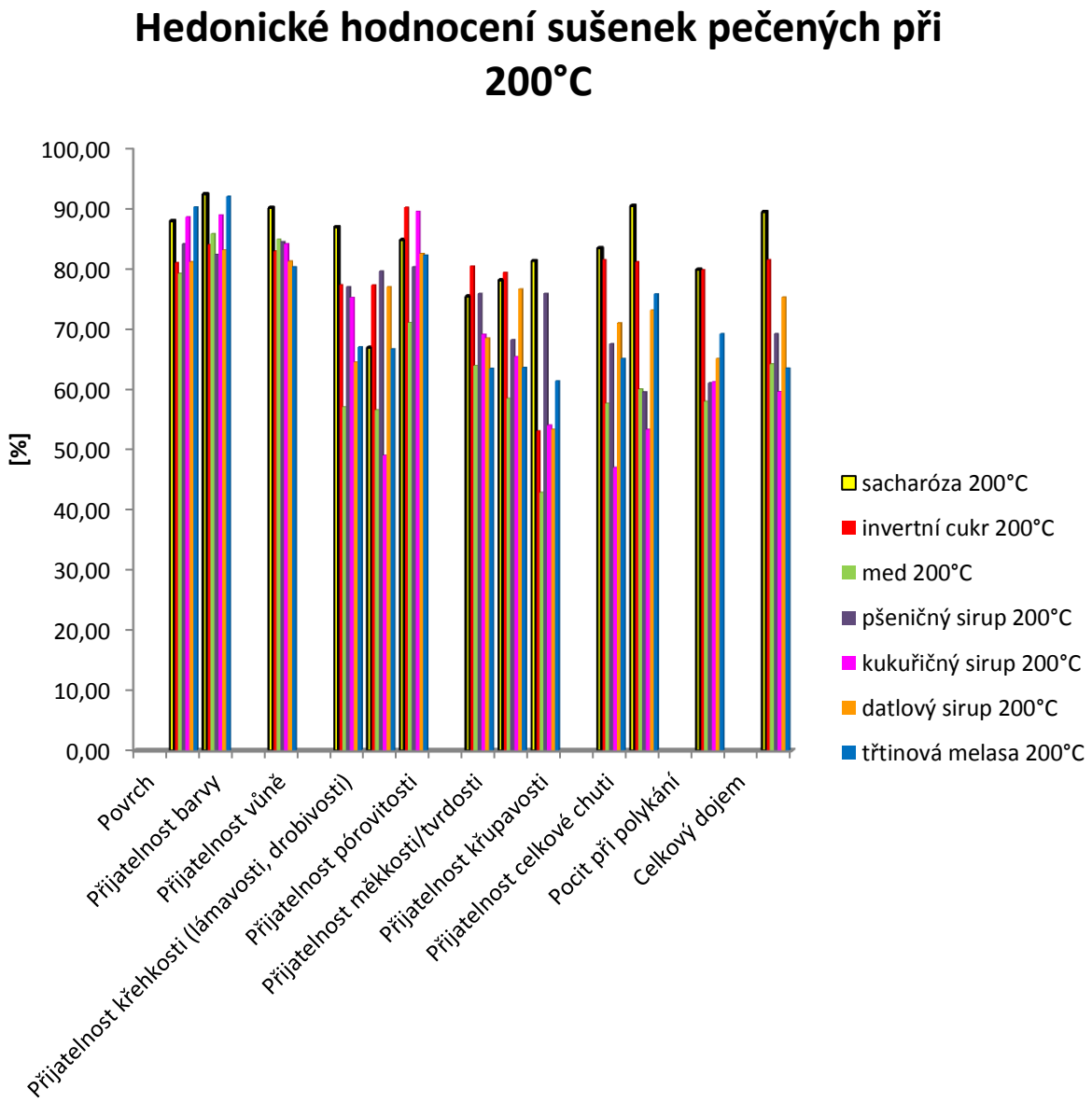


Obr. 9 Senzorické hodnocení sušenek při 200°C a 225°C, barva

Nejsvětlejší byly hodnocené (Obr. 9) sušenky pečené při 200°C se sacharózou, světlé, avšak o něco tmavší, byly sušenky s pšeničným sirupem pečené při 200°C a na 3. místě v nejsvětlejší barvě byly sušenky pečené při 200°C s kukuřičným sirupem. Nejtmavší pak byly sušenky se třtinovou melasou pečené při 200°C, o něco světlejší pečené při 225°C a trochu světlejší s datlovým sirupem pečených při 225°C. Až na výjimku – sušenek s invertním cukrem a sušenek se třtinovou melasou – byly sušenky pečené při vyšších teplotách (s daným sladidlem) tmavší.

5.5.2 Hedonické hodnocení

5.5.2.1 Hedonické hodnocení sušenek pečených při 200°C



Obr 10 Hedonické hodnocení sušenek pečených při 200°C

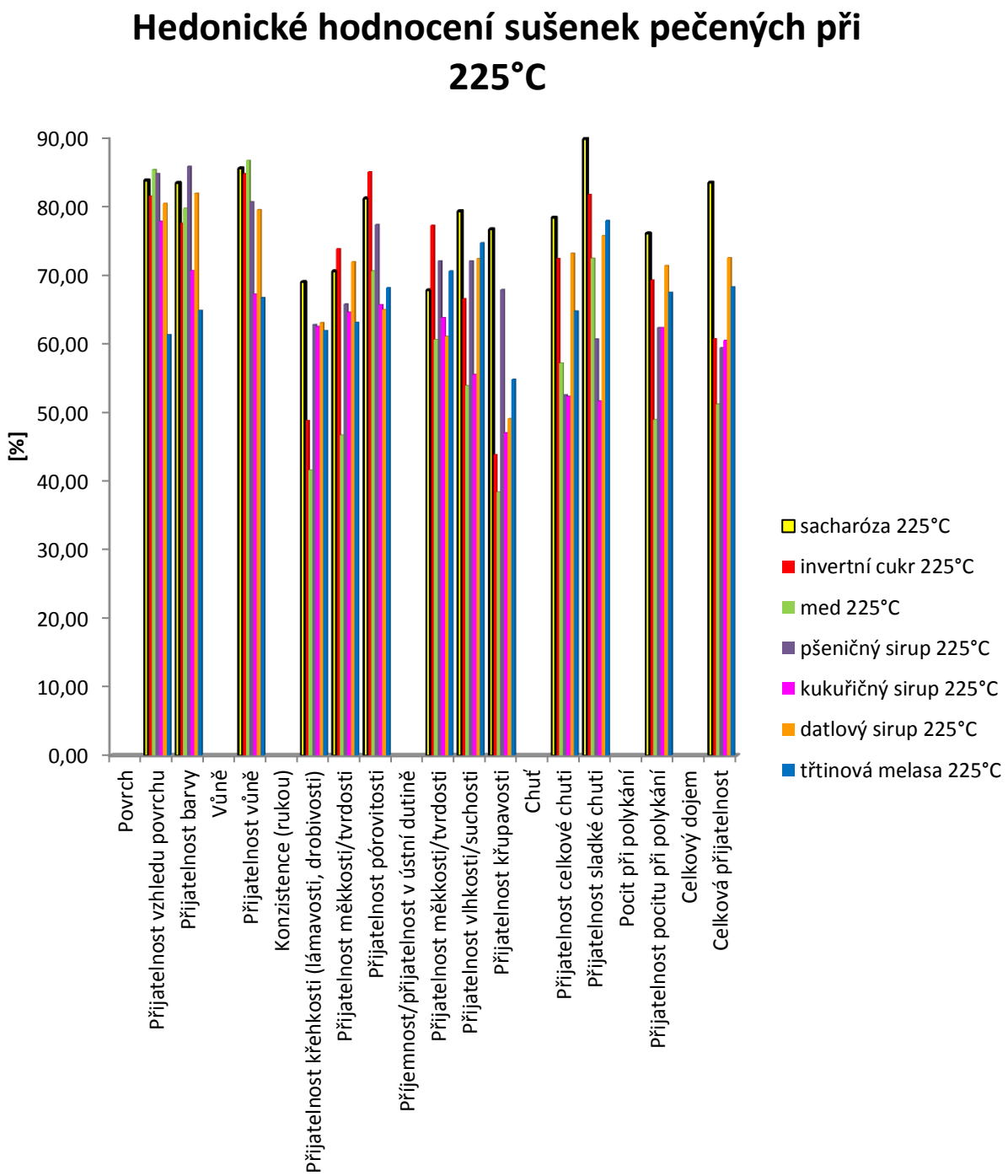
Nejpřijatelnější (Obr. 10) celkovou chuť vykazovaly sušenky pečené při 200°C se sacharózou (2. s invertním cukrem, 3. s datlovým sirupem). Nejpřijatelnější sladkou chuť vykazovaly sušenky se sacharózou, (2. s invertním cukrem, 3. se třtinovou melasou). Nejpřijatelnější při polykání byly se sacharózou a invertním cukrem. Celkový dojem – nejpřijatelnější se sacharózou (2. s invertním cukrem, 3. s datlovým sirupem). Nejhorší celkovou chuť – kukuřičný sirup. Nejhůře přijatelná sladká chuť – u kukuřičného sirupu, nejhorší celkový dojem byl u sušenek s kukuřičným sirupem.

Sušenky s medem vykazovaly v šesti hodnocených parametrech nejhorší přijatelnost (a to u vzhledu povrchu, u křehkosti (rozlomení rukou), pórovitosti, vlhkosti/suchosti v ústní dutině, křupavosti v ústní dutině a pocitu při polykání. Kukuřičný sirup pak byl 2. nejhůře hodnocený a to ve čtyřech parametrech, zato poměrně významných – celkový dojem, celková chuť, sladká chuť, a měkkost/tvrdost (hodnoceno rozlomením v ruce).

V osmi ze třinácti hodnocených parametrů byla nejlépe hodnocená sušenka se sacharózou, (barva, vůně, křehkost, křupavost, celková chuť, sladká chuť, polykatelnost, celková přijatelnost). Invertní cukr měl nejlepší hodnocení ve 3 parametrech – pórovitost, měkkost a vlhkost v ústní dutině.

Měkkost/tvrdost hodnoceno rozlomením v ruce – nejpřijatelnější u sušenek z pšeničného sirupu, 2. u invertního cukru, 3. u datlového sirupu, nejméně přijatelná u kukuřičného sirupu. U senzorického hodnocení nejměkčí: 1. s datlovým sirupem 2. s invertním cukrem 3. s medem; nejtvrdší s kukuřičným sirupem, 2.se sacharózou, 3. s pšeničným sirupem. Z toho vyplývá, že nejpřijatelnější tvrdost/měkkost zjištěnou při rozlomení rukou vykazovaly senzoricky nejtvrdší sušenky, na 2. a 3. místě jsou sušenky senzoricky nejměkčí.

5.5.2.2 Hedonické hodnocení sušenek 225°C



Obr. 11 Hedonické hodnocení sušenek pečených při 225°C

Nejpřijatelnější celková chuť byla u sacharózy (2. u datlového sirupu, 3. u invertního cukru). Nejpřijatelnější sladká chuť se sacharózou (2. s invertním cukrem 3. se třtinovou melasou). Nejpřijatelnější celková přijatelnost (celkový dojem) byla u sušenek se sacharózou, datlovým sirupem, třtinovou melasou. Nejhůře přijatelná celková chuť u kukuřičného sirupu. Sladká chuť nejhůře přijatelná u sušenek s kukuřičným sirupem. Nejhorší celková přijatelnost s medem.

Nejlépe hodnocená, a to v 7 deskriptorech byla sušenka s 225°C se sacharózou (křehkost rozlomením v ruce, přijatelnost vlhkosti/suchosti v dutině ústní, křupavost, celková chuť, přijatelnost sladké chuti, pocit při polykání, celková přijatelnost. Invertní cukr nejlépe hodnocen ve třech parametrech – přijatelnost měkkosti/tvrdosti rozlomením v ruce, pórovitost, měkkost/tvrdost v dutině ústní). Nejhůře hodnocené byly sušenky s medem (křehkost, měkkost/tvrdost, v rukou i dutině ústní, vlhkost/suchost, křupavost, polykatelnost, celková přijatelnost).

5.5.2.3 Rozdíl hédonického hodnocení sušenek 200°C a 225°C

Tab. 34 Rozdíly hédonického hodnocení u sušenek pečených při 200°C a 225°C

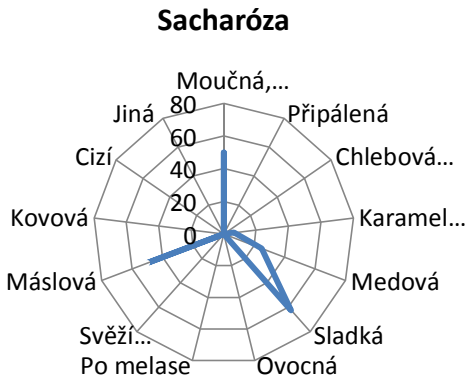
Změny přijatelnost (200°C-225°C)	Sacharóza	Invertní cukr	Med	Pšeničný sirup	Kukuřičný sirup	Datlový sirup	Třtinová melasa
Povrch							
Přijatelnost vzhledu povrchu	4,17	-0,46	-6,08	-0,60	10,85	0,73	28,97
Přijatelnost barvy	9,06	6,48	6,15	-3,37	18,32	1,26	27,18
Vůně							
Přijatelnost vůně	4,63	-1,79	-1,72	3,90	16,93	1,79	13,69
Konzistence (rukou)							
Přijatelnost křehkosti (lámavosti, drobivosti)	17,99	28,57	15,54	14,29	12,76	1,52	5,16
Přijatelnost měkkosti/tvrdosti	-3,60	3,51	9,92	13,89	-15,48	5,16	3,64
Přijatelnost pórovitosti	3,68	5,22	0,53	3,04	23,88	17,59	14,17
Příjemnost/přijatelnost v ústní dutině							
Přijatelnost měkkosti/tvrdosti	7,67	3,31	3,37	3,90	5,44	7,47	-7,09
Přijatelnost vlhkosti/suchosti	-1,12	12,90	4,63	-3,80	9,99	4,30	-11,04
Přijatelnost křupavosti	4,70	9,33	4,52	8,08	7,08	4,37	6,68
Chuť							
Přijatelnost celkové chuti	5,09	9,19	0,60	15,08	-5,22	-2,12	0,40
Přijatelnost sladké chuti	0,66	-0,53	-12,37	-1,06	1,72	-2,58	-2,05
Pocit při polykání							
Přijatelnost pocitu při polykání	3,84	10,58	9,13	-1,19	-0,99	-6,22	1,79
Celkový dojem							
Celková přijatelnost	6,02	20,83	13,03	9,85	-0,79	2,84	-4,70

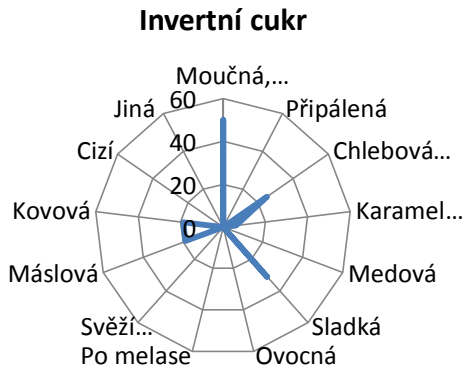
Téměř u všech sladidel (Tab. 40) a parametrů byla lépe hodnocena přijatelnost pečených při 200°C než při 225°C.

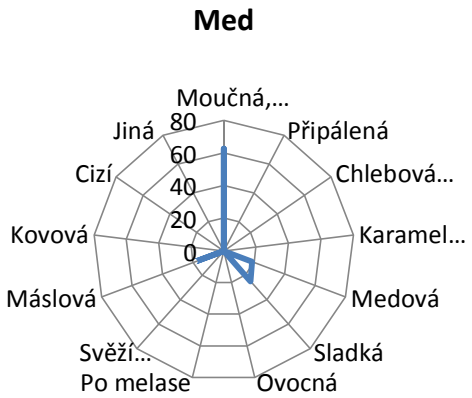
5.5.3 Dílčí chutě

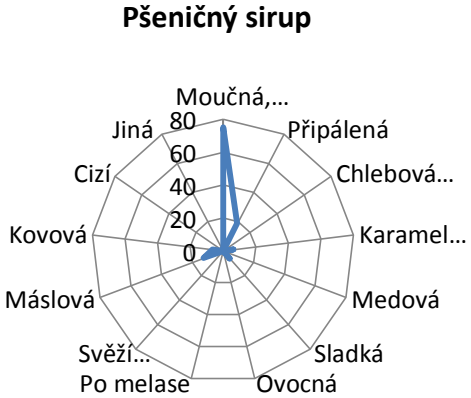
Všechny stanovené hodnoty jsou uvedené v Příloze 14 a 15.

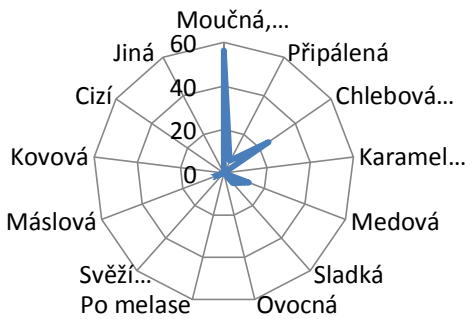
5.5.3.1 Dílčí chutě hodnocené u sušenek pečených při 200°C

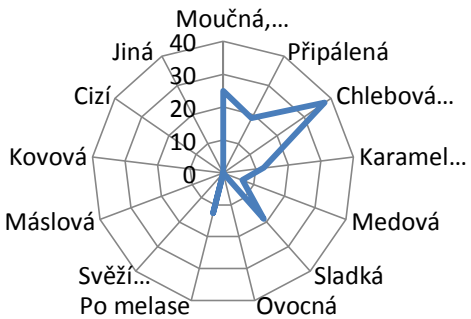


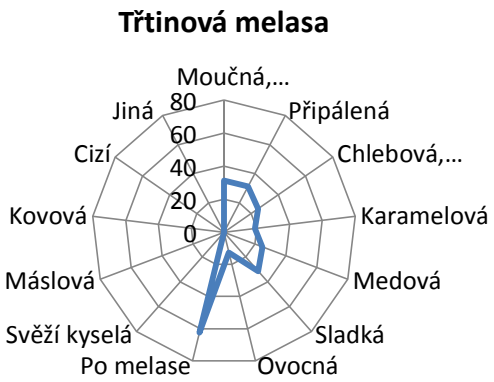








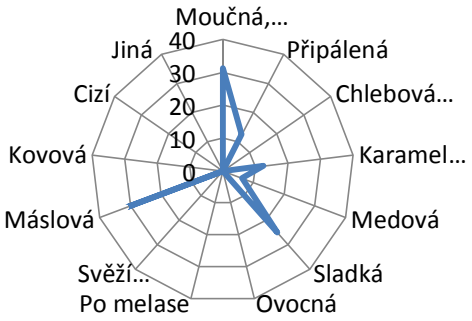


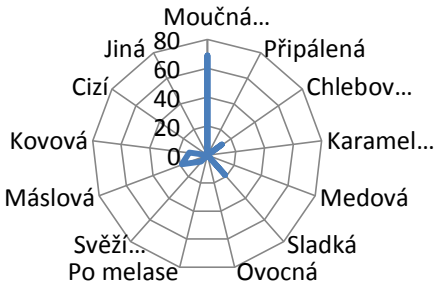


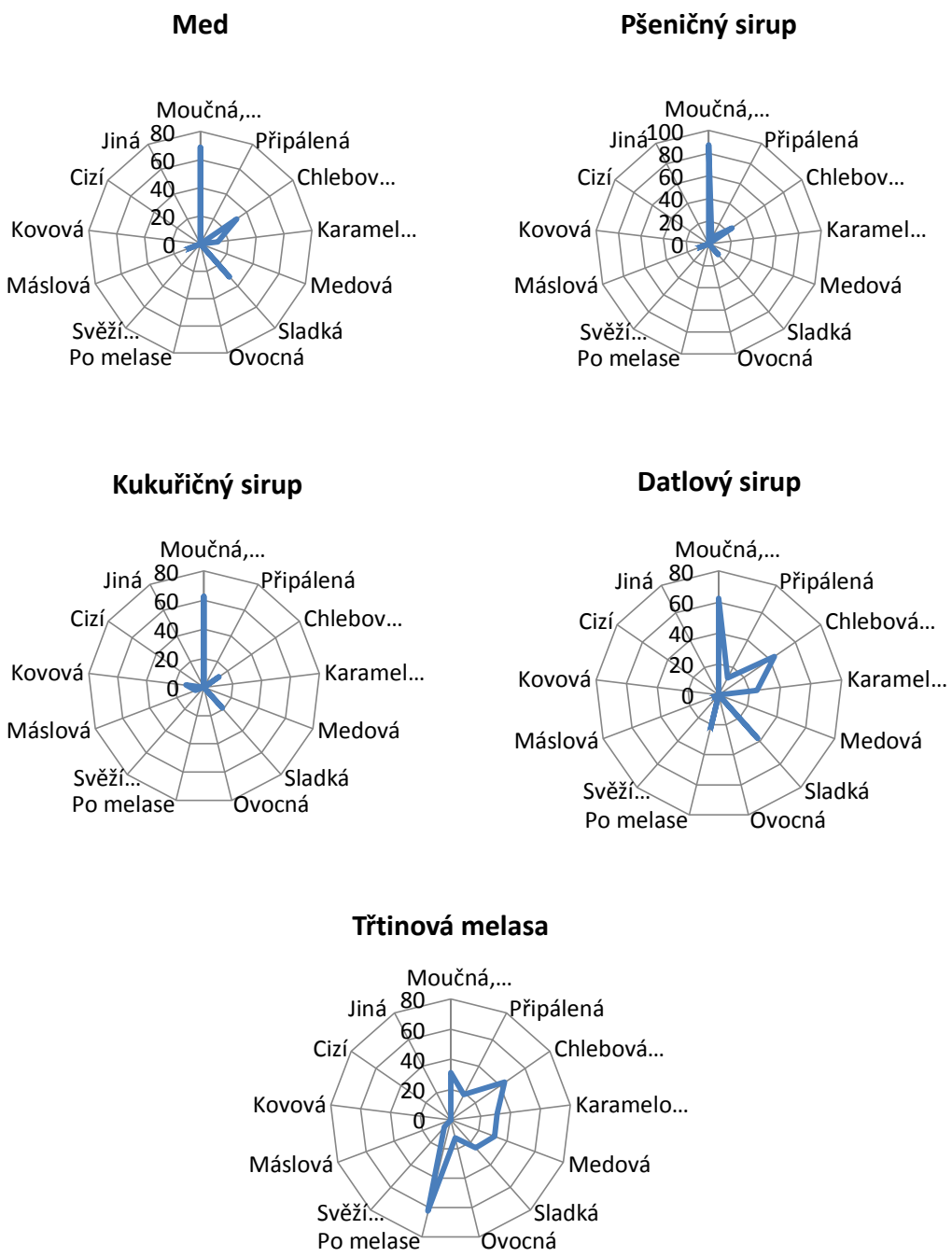
Obr. 12 Dílčí chutě sušenek při teplotě pečení 200 °C

Vzorky sušenek pečených při 200°C při hodnocení dílčích chutí (Obr. 12) nevykazovaly „cizí“, „jinou“ ani „svěží kyselou“ chuť. Sladká chuť převažovala u sušenek se sacharózou, chuť po melase převažovala u sušenek ze třtinové melasy a chlebová, sladová chuť byla zastoupena nejvíce u vzorku sušenek s datlovým sirupem. U ostatních vzorků převažovala dílčí chuť moučná, škrobová, nejvíce u sušenek z pšeničného sirupu.

5.5.3.2 Dílčí chutě hodnocené u sušenek pečených při 225°C



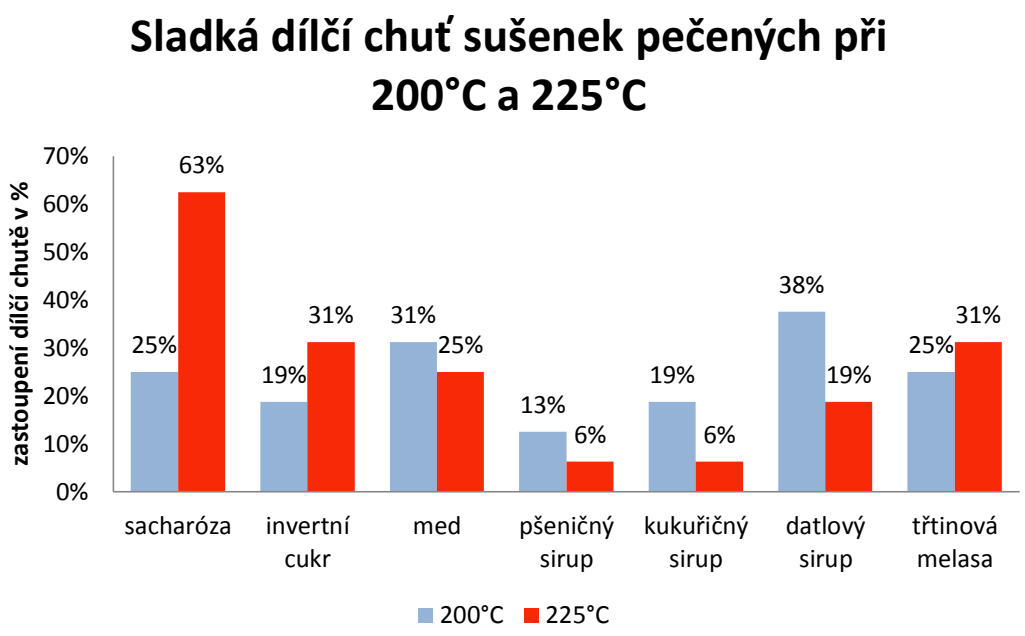




Obr. 13 Dílčí chutě sušenek pečených při 225 °C

Vzorky sušenek pečených při 225°C neměly při hodnocení dílčích chutí „cizí“ ani „jinou“ (Obr. 13) dílčí chuť Nejvíce zastoupená sladká dílčí chuť byla u sušenek s datlovým sirupem. Nejvíce škrobové, moučné chuti vykazoval pšeničný sirup, po melase nejvíce chutnala sušenka se třtinovou melasou, nejvíce zastoupená chlebová, sladová chuť byla zjištěna u datlového sirupu a stejnou hodnotu zastoupení v celkové chuti vykazovaly sušenky s třtinovou melasou.

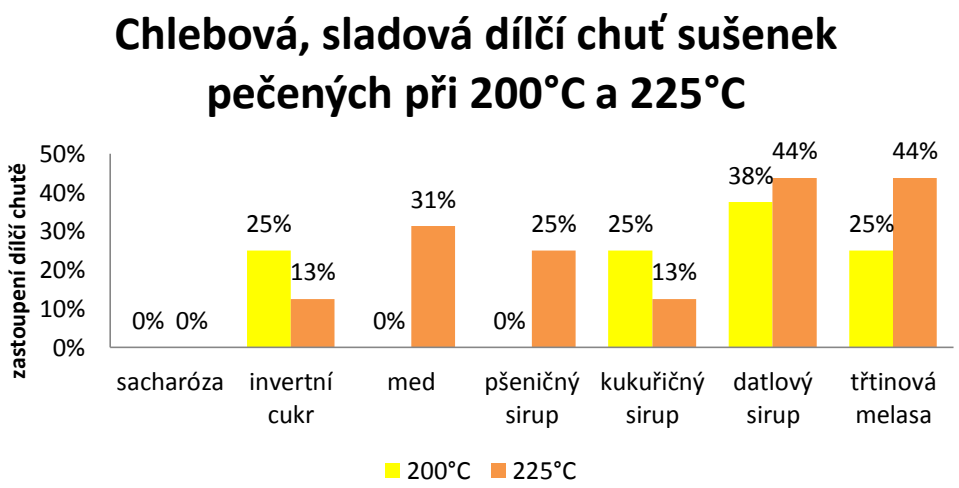
5.5.3.3 Sladká dílčí chuť



Obr. 14 Sladké dílčí chuť sušenek pečených při 200°C a 225°C

Nejvíce zastoupená sladká dílčí chuť (Obr. 14) byla zjištěna u sušenek se sacharózou pečených při 225°C (63 %), druhé nejvyšší zastoupení sladké dílčí chuti vykazovaly sušenky s datlovým sirupem pečených při 200°C (38 %) a s hodnotou zastoupení 31 % byly sušenky s invertním cukrem pečené při 225°C, sušenky s medem pečených při 200°C a sušenky se třtinovou melasou pečených při 225°C.

5.5.3.4 Chlebová, sladová dílčí chuť



Obr 15 Chlebová, sladová dílčí chuť sušenek pečených při 200°C a 225°C

Nejvyšší zastoupení chlebové a sladové dílčí chutě (Obr. 15) bylo u sušenek s datlovým sirupem a třtinovou melasou pečených při 225 °C se zastoupením 44 %; druhou nejvyšší hodnotu (38 %) vykazovaly sušenky s datlovým sirupem pečené při 200°C a třetí nejvyšší hodnotu v zastoupení chlebové a sladové dílčí chutě vykazovaly sušenky s medem pečené při 225°C se zastoupením 31 %.

5.5.4 Zhodnocení senzorických hodnocení

Jak uvádí. SKOUPIL, SKALICKÝ (1972), přídavek škrobu zvyšuje křehkost sušenek, tak lze předpokládat, že pšeničný sirup, obsahoval nerozštěpený škrob. Nejvyšší ***křehkosti při rozlomení rukou*** (pečeno při 200°C i 225°C) ale i největší křupavosti (pečeno při 200°C) dosahovaly sušenky s pšeničným sirupem, stejně tak byly i nejtvrdší, jak rozlomením rukou (225°C (u 200°C byl kukuřičný sirup)) tak v ústní dutině (pečeno při 200°C i 225°C). Stejně tak vykazovaly sušenky s pšeničným sirupem, při hodnocení dílčích chutí, nejvíce moučnou, škrobovou chuť – pečeno při 200 °C ze 75 % a pečeno při 225°C z 88 %.

Nejintenzivnější ***vůni***, při **teplotě pečení 200°C**, vykazovaly sušenky se třtinovou melasou, ale zároveň měly vůni nejméně přijatelnou. Z dílčích ***chutí*** vykazovaly tyto sušenky nejvíce chuť „po melase“, méně pak (ale na stejné úrovni) chuť „moučnou, škrobovou“, „připálenou“ a „sladkou“. Nejpřijatelnější ***pórovitost*** byla zjištěna u sušenek s invertním cukrem, které měly i nejvyšší naměřený objem pečiva, což je způsobeno zřejmě přítomným CO_2 ještě z neutralizace invertního cukru. Nejvyšší ***křupavost*** měly sušenky s pšeničným sirupem, 2. se sacharózou a 3. se třtinovou melasou. ***Celkově nejpřijatelnější*** byly sušenky se sacharózou (2. s invertním cukrem a 3. s datlovým sirupem), rovněž vykazovaly nejintenzivnější celkovou chuť. Nejlepší ***celkový dojem*** vykazovaly sušenky se sacharózou, 2. s invertním cukrem, 3. s datlovým sirupem. Nejpřijatelnější ***barvu*** měly sušenky se sacharózou, sušenky se třtinovou melasou a na 3. místě s kukuřičným sirupem. Za ***nejtvrdší v ústní dutině*** byly považovány sušenky s pšeničným sirupem, 2. se třtinovou melasou, 3. se sacharózou, zatímco ***nejměkčí*** byla s invertním cukrem.

V rámci řady pečené při 225°C třtinová melasa vykazovala nejhorší přijatelnost ve ***vůni*** (stejně jak při teplotě pečení 200°C) a v hlavním senzorickém hodnocení byla

zhodnocena jako s nejintenzivnější vůní. Nejlepší ***křehkost*** byla při 225°C u sušenky 1. se sacharózou, 2. s datlovým sirupem, 3. s pšeničným sirupem 4. s kukuřičným sirupem, kdy sušenky s pšeničným sirupem byly v senzorickém hodnocení ***nejtvrdší***, následovaly sušenky se sacharózou. ***Nejpřijatelnější sladká*** chuť byla u sušenek se sacharózou, invertním cukrem, a třtinovou melasou u senzorického hodnocení nejsladší byla sušenka se třtinovou melasou, dále s datlovým sirupem a se sacharózou. ***Celková chuť*** byla s nejlepší přijatelností u sušenek 1. se sacharózou, 2. s datlovým sirupem, 3. s invertním cukrem, u ***dílčích chutí*** vykazovaly sušenky s datlovým sirupem nejvíce chlebovou, sladovou chuť u sušenek se sacharózou převažovala „moučná, škrobová“ chuť a „máslová“ chuť a jako třetí „sladká“ chuť; u sušenky s invertním cukrem vykazovaly nejvíce „moučnatou, škrobovou“ chuť, vykazovaly ale pestřejší zastoupení dílčích chutí, vyskytla se zde – „sladká“, „máslová“, „chlebová, sladová“, „kovová“, „svěží kyselá“. ***Celková přijatelnost*** u sušenek - nejlépe přijatelné byly se sacharózou, 2. s datlovým sirupem, 3. se třtinovou melasou toto pořadí se shodovalo s hlavním senzorickým hodnocením – ***celkový dojem*** u sušenek nejlepší se sacharózou, 2. s datlovým sirupem, 3. se třtinovou melasou.

Jelikož nikde není přesně uváděná sladivost sirupů, zřejmě vlivem možné proměnlivosti složení, vyplývající z různých postupů výroby sirupů. By byl vhodnější postup na sestavování receptury, nejprve udělat senzorické hodnocení na intenzitu sladké chuti sirupů stejného výrobce a šarže, popř. i jiných použitých sladidel a následně podle zjištěné sladivosti vytvářet či upravovat recepturu.

Určitě by bylo také vhodné udělat senzorické testy na sirupy, zda a jak se mění sladivost sirupů v průběhu skladování, stejně tak v souvislosti s vývinem HMF, popř. jiných látek. V případě hodnocení sladivosti by bylo zapotřebí zkušených senzorických hodnotitelů a předkládání referenčních vzorků sladkých roztoků pro správné zhodnocení.

Jak bylo zmíněno, v této diplomové práci, bylo zvoleno přidávání shodného množství sladidla, pro názornější zhodnocení stanoveného množství HMF, neboť nebylo stanovené zastoupení jednotlivých sacharidů v sirupech pro stanovení vývinu HMF na základě skutečně zastoupených sacharidů v surovinách, použitých pro výrobu pečiva. Pak by se také dalo propočítat, o kolik se liší jednotlivé sladivosti sirupů, vycházejících ze složení sirupů a senzorického hodnocení. I když zde je problémem, že uváděné sladivosti sacharidů bývají uváděny v (poměrně širokých) rozpětích hodnot Neboť jak uvádí VELÍŠEK J., (1999), že sladivost záleží na přítomném anomeru, na teplotě, na koncen-

traci sladidla, na složení produktu atp. Popřípadě při použití shodného množství sladidel by se dal zjistit vliv ostatních surovin na intenzitu sladké chuti. Stejně tak by bylo dobré stanovit množství sacharidů před a po upečení, při různých teplotách a dobách, čímž by se zjistilo množství sacharidů vstupujících do reakcí a přetvářejících se na látky jiné.

6 ZÁVĚR

Cílem práce bylo zjistit obsah hydroxymethylfurfuralu (HMF) ve sladidlech, těstech a sušenkách. Použitá sladidla byla: sacharóza, invertní cukr, med, pšeničný sirup, kukuřičný sirup, datlový sirup, třtinová melasa. Zjistit vliv doby a teploty na tvorbu HMF. Sušenky senzoricky zhodnotit a stanovit texturu sušenek.

Nejvyšší množství (HMF) ve sladidle bylo naměřeno u invertního cukru v množství 1387,95 mg/kg. Invertní cukr nepocházel z průmyslové výroby, ale byl vyroben v laboratoři za vysoké teploty a s použitím kyseliny citrónové, jako katalyzátoru. Byly zde tedy ideální podmínky pro vznik vysokého množství HMF. Zatímco při enzymaticky katalyzované reakcí (hydrolýze sacharózy na invertní cukr) by neměl vznikat žádný HMF. Druhou nejvyšší hodnotu HMF vykazovala třtinová melasa s hodnotou 41,38 mg/kg, třetí nejvyšší hodnotu vykazoval květový med, s průměrnou hodnotou 20,24 mg/kg, který splňoval legislativní požadavky na hodnotu HMF. Ze sirupů měl nejvyšší naměřenou hodnotu HMF datlový sirup Pořadí v množství HMF v těstech kopíruje pořadí množství HMF ve sladidlech, ale jsou úměrně nižší. Těsta měla vždy, až na výjimku s invertním cukrem, nižší hodnotu HMF než upečené sušenky. Nejkyselejší těsto (těsto s invertním cukrem) mělo také nejvyšší množství HMF. Nejzásaditější těsto mělo nejnižší množství HMF. S vyšší teplotou pečení se množství HMF zvyšovalo jen v případě sušenek s invertním cukrem a s datlovým sirupem. Doby pečení se příliš různily, proto se vliv délky pečení na vzniklé množství HMF nedal určit.

„Celkový dojem“ sušenek ze senzorického hodnocení byl lepší u sušenek pečených při teplotě 200°C, než při teplotě 225°C. U sušenek pečených při 200°C i 225°C nejlepší celkový dojem vykazovaly sušenky se sacharózou. Druhý nejlepší celkový dojem vykazovaly sušenky s invertním cukrem a třetí nejlepší celkový dojem vykazovaly sušenky s datlovým sirupem.

Nejhůře byly v senzorickém hodnocení celkového dojmu označeny sušenky s kukuřičným sirupem, pečených při 200°C, bylo to zřejmě způsobeno nevýraznou celkovou chutí, a při teplotě pečení 225°C měly celkový nejhorší dojem sušenky s pšeničným sirupem.

Nejsvětlejší sušenky byly pečené při 200°C se sacharózou, světlé. Nejtmavší pak byly sušenky se třtinovou melasou pečené při 200°C. Až na výjimku – sušenek s invertním cukrem a sušenek se třtinovou melasou – byly sušenky pečené při vyšších teplotách (s daným sladidlem) tmavší.

Nejvíce zastoupená sladká dílčí chuť byla u sušenek se sacharózou, nejvíce zastoupená chlebová sadová dílčí chuť byla při 225°C u sušenek s datlovým sirupem a třtinovou melasou.

TIRATESTEM nejpevnější sušenky byly se sacharózou, pečené při 175°C, a nejméně pevné byly sušenky s medem pečené při 200°C.

7 PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY:

ABRAHAM K., GÜRTLER R., BERG K., HEINEMEYER G., LAMPEN A., APPEL K. E., 2011: Toxicology and risk assessmentof 5-Hydroxymethylfurfural in food. *MolecularNutrition& Food Research*. 55(5), 667-678, online [vid. 2016-04-11]. ISSN 16134125. Dostupné z: http://doi.wiley.com/10.1002/mnfr.201000564

BACÍLEK J., KAMLER F., 2009: Včelí produkty. s. 230–257, In: VESELÝ V. et al., *Včelařství.* 2. vyd. Praha: Brázda s.r.o., 272 s., ISBN 80-209-0320-8

BLÁHA L., KADLEC F., PLHOŇ Z., 1998: *Cukrářská výroba II: pro 2. ročník učebního oboru Cukrář, Cukrářka.* 2. vyd. Praha: INFORMATORIUM, 140 s. ISBN 80-86073-31-9

CAPUANO E., FOGLIANO V., 2011: Acrylamideand 5-hydroxymethylfurfural (HMF): A review on metabolism, toxicity, occurrence in food and mitigationstrategies. *LWT - Food Science and Technology*,44(4): 793-810, online [vid. 2016-04-07]. Dostupné z: http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643810003798

DODOK L., 1988: *Chémia a technológia trvanlivého pečiva.* Bratislava: ALFA, vydavateľstvotechnickej a ekonomickejliteratúry, 300 s., ISBN 063-037-87

GÖKMEN V., AÇAR Ö. Ç., KÖKSEL H., ACAR J., 2007: Effectsofdoughformula and bakingconditions on acrylamide and hydroxymethylfurfuralformation in cookies. *Food Chemistry*. 104(3), 1136-1142 online [vid. 2016-04-24]. ISSN 03088146. Dostupné z: http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814607000829

GÖKMEN V., MORALES FJ, 2014: ProcessingContaminants: Hydroxymethylfurfural. *Encyclopediaof Food Safety*,Elsevier,404–408, online [vid. 2016-04-10]. ISBN 9780123786135. Dostupné z: http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123786128002092

HRUŠKOVÁ M., 2009: Technologie trvanlivého pečiva a snack výrobků. s. 486–495 In: KADLEC P., MELZOCH K., VOLDŘICH M., et al., *Co byste měli vědět o výrobě potravin?: Technologie potravin.* Ostrava: KEY Publishing s.r.o., 536 s., ISBN 978-80-7418-060-6

JANČÁŘOVÁ J., JANČÁŘ L., 2008: *Analytická chemie.* Dotisk, Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 195 s., ISBN 978-80-7157-647-1

JANČÁŘOVÁ I., JANČÁŘ L., 2009: *Základní chemické výpočty.* 2. vyd.,Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 115 s. ISBN 978-80-7375-308-5

KADLEC P., DOSTÁLOVÁ J., BUBNÍK Z., ŠÁRKA E., 2014: Přírodní sladidla, med, sladidla, s. 265–277. In: Dostálová J., Kadlec P. et al.: *Potravinářské zbožíznalství: Technologie potravin.* Ostrava: KEY Publishing s.r.o., 425 s. ISBN 978-80-7418-208-2

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

MIHOK P., 2013: 5-(Hydroxymethyl)-2-furfural. In: NationalToxicology Program – NTP [online].National Institute of Environmental Health Sciences [vid. 2016_04_07]. Dostupné z:https://ntp.niehs.nih.gov/ntp/htdocs/chem_background/exsumpdf/hydroxymethyl_508.pdf

MÍŠKOVÁ H., 2015: Sirupy. Dobroty. zima 2015–2016 (číslo 14): 6–10. ISSN 1805–5265

NATIONALTOXICOLOGY PROGRAM, 2014: Toxicology and CarcinogenesisStudiesof 5-(Hydroxymethyl)-2-furfural (CAS No. 67-47-0) in F344/N Rats and B6C3F1 Mice (GavageStudies). In: NationalToxicology Program – NTP [online]. National Institute of Environmental Health Sciences [vid. 2016_04_07]. Dostupné z: http://ntp.niehs.nih.gov/ntp/htdocs/lt_rpts/tr554.pdf

PŘIDAL A., 2003: *Včelí produkty-cvičení.* Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 61 s., ISBN 80-7157-711-1

PŘIDAL A., 2013: *Vznik, získávání, zpracování a kontrola medu.* Brno: Mendelova univerzita v Brně, 90 s. ISBN 978-80-7375-737-3

PŘÍHODA J., HUMPOLÍKOVÁ P., NOVOTNÁ D., 2003: *Základy pekárenské technologie.* Praha: Pekař a cukrář s.r.o., 363 s., ISBN 80-902922-1-6

PEROUTKA M., SOJKA L., 2004: Svazová norma ČESKÝ MED. online [vid. 2016_4_17]. Dostupné z: http://www.bezpecnostpotravin.cz/UserFiles/prilohy/smernice_med_CSV.pdf

PubChem, 2016: *5-HYDROXYMETHYLFURFURAL.* online [vid. 2016_4_10]. Dostupné z: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5-hydroxymethylfurfural#section=Synonyms

SKOUPIL J., 1997: *Cukrářská výroba I.*Praha: Podnikatelský svaz pekařů a cukrářů v ČR, 136 s.

SKOUPIL J., 2005: *Suroviny a polotovary pro cukrářskou výrobu*. Brno: Společenstvo cukrářů České republiky, 367 s.

SKOUPIL J., SKALICKÝ J., 1972: *Technologie trvanlivého pečiva: pro 1. a 2. ročník odborných učilišť a učňovských škol.* Praha: SNTL- Nakladatelství technické literatury, n. p., 332 s.

STRUNECKÁ A., PATOČKA J., 2012: Zdravé a škodlivé sladkosti. s. 48–72, In: STRUNECKÁ A., PATOČKA J. *Doba jedová 2*. Praha: TRITON, 367 s. ISBN 978-80-7387-555-8

TITĚRA D., 2009: Výživa a krmení včel.s. 178–187, In: VESELÝ V. et al., *Včelařství.* 2. vyd. Praha: Brázda s.r.o., 272 s., ISBN 80-209-0320-8

VELÍŠEK J., 1999: *Chemie potravin 2*. Tábor: OSSIS, 304 s. ISBN 80-902391-4-5

VELÍŠEK J., HAJŠLOVÁ J., 2009 a: *Chemie potravin I.* 3. vyd. Tábor: OSSIS, 602 s., ISBN 978-80-86659-15-2

VELÍŠEK J., HAJŠLOVÁ J., 2009b: *Chemie potravin II.* 3. vyd. Tábor: OSSIS, 644 s., ISBN 978-80-86659-16-9

VORLOVÁ L., KRÁLOVÁ M., BORKOVCOVÁ I., JANŠTOVÁ B., NAVRÁTILOVÁ P., BARTÁKOVÁ K., 2012: *Chemie potravin: Praktické cvičení.* Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 165 s. ISBN 978-80-7305-646-9

Vyhláška MZe č. 333/1997 Sb., kterou se provádí § 18 písm. a), d), h), i), j) a k) zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů pro mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta [online] eAGRI [vid. 2016_4_10]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/Legislativa-MZe_uplna-zneni_vyhlaska-1997-333-potraviny.html

Vyhláška č. 76/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky pro přírodní sladidla, med, cukrovinky, kakaový prášek a směsi kakaa s cukrem, čokoládu a čokoládové bonbony. [online] eAGRI [vid. 2016_4_10]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/ws_content?contentKind=regulation&section=1&id=55417&name=76/2003

ZAPPALÀ M., FALLICO B., ARENA E., VERZERA A., 2005: Methodsforthedeterminationof HMF in honey: a comparison. *Food Control*. 16(3), 273-277 online [vid. 2016-04-10]. ISSN 09567135. Dostupné z: http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S095671350400057X

ZEMANOVÁ H. 2010: *BioAbecedář Hanky Zemanové*. Praha: Smart Press, s.r.o., 440 s. ISBN 978-80-87049-30-3

ZHANG Y-Y., SONG Y., HU X-S., LIAO X-J., NI Y-Y., LI Q-H., 2012: Effectsof-sugars in batterformula and bakingconditionson 5-hydroxymethylfurfural and furfural formation in spongecakemodels. *Food Research International*, 49(1), 439-445, online [vid. 2016-02-03]. ISSN 09639969. Dostupné z: http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996912002554

8 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Vzorec hydroxymethylfurfuralu

Obr. 2 Kalibrační křivka

Obr. 3 Těsto s medem: samotný vzorek je vyznačen modře; červeně je tentýž vzorek s přídavkem standardu

Obr. 4 Výtěžnosti pečiva

Obr. 5 Ztráty pečením

Obr. 6 Objem pečiva

Obr. 7 Senzorické hodnocení sušenek pečených při 200 °C

Obr. 8 Senzorické hodnocení sušenek pečených při 225 °C

Obr. 9 Senzorické hodnocení sušenek při 200°C a 225°C, barva

Obr 10 Hedonické hodnocení sušenek pečených při 200°C

Obr. 11 Hedonické hodnocení sušenek pečených při 225°C

Obr. 12 Dílčí chutě sušenek při teplotě pečení 200 °C

Obr. 13 Dílčí chutě sušenek pečených při 225 °C

Obr. 14 Sladké dílčí chuť sušenek pečených při 200°C a 225°C

Obr 15 Chlebová, sladová dílčí chuť sušenek pečených při 200°C a 225°C

9 SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Přehled množství HMF v některých potravinářských výrobcích 13
Tab. 2 Obsah sacharidů v pšeničné mouce 18
Tab. 3 Relativní sladkost 20
Tab. 4 Vybrané požadavky na cukr dle vyhlášky č. 76/2003 Sb. v aktuálním znění 21
Tab. 5 Sladivost fruktózového sirupu dle obsahu fruktózy 22
Tab. 6 Obsah sacharidů v sirupech s vyznačenou sladivostí dle stupnice 1 = nejsladší, 6 = nejméně sladké 25
Tab. 7 Složení medu 26
Tab. 8 Požadavky na sušenky dle vyhlášky MZe č. 333/1997 Sb. v aktuálním znění ... 28
Tab. 9 Výživové údaje uvedené na obalu mouky 29
Tab. 10 Výživové údaje uvedené na obalu cukru krupice 29
Tab. 11 Výživové údaje uvedené na obalu třtinové melasy 30
Tab. 12 Výživové údaje uvedené na obalu třtinové melasy minerální látky 30
Tab. 13 Výživové údaje uvedené na obalu fruktózy 30
Tab. 14 Výživové údaje uvedené na obalu 30
Tab. 15 Výživové údaje uvedené na obalu 31
Tab. 16 Stupnice hodnocení lepivosti, vlhkosti povrchu a pružnosti 34
Tab. 17 Hodnoty pro kalibrační křivku 37
Tab. 18 Naměřené a vypočtené hodnoty při pečení sušenek pečených při 175°C 41
Tab. 19 Naměřené a vypočtené hodnoty při pečení sušenek s glukózou, fruktózou při 175°C 42
Tab. 20 Naměřené a vypočtené hodnoty při pečení sušenek při 200°C 43
Tab. 21 Naměřené a vypočtené hodnoty při pečení sušenek 44
Tab. 22 Stanovené koncentrace HMF ve sladidlech 46
Tab. 24 Stanovené množství HMF v těstě a sušenkách pečených při 175°C, 200°C a 225°C 47
Tab. 25 Rozdíly hmotnostních koncentrací HMF 48
Tab. 26 Rozdíly koncentrací HMF vůči těstu 49
Tab. 27 Rozdíly koncentrací HMF vůči sladidlu 50
Tab. 28 HMF v těstech a sušenkách (pečeno při 175°C) s glukózou, fruktózou a sacharózou 50
Tab. 29 Koncentrace HMF v těstě a pH těsta 51
Tab. 30 Pevnosti sušenek pečených při 175°C 52
Tab. 31 Pevnost sušenek pečených při 200 °C 52
Tab. 32 Pevnost sušenek pečených při 225°C 53
Tab. 33 Pevnosti sušenek všech tří použitých teplot 53
Tab. 34 Množství HMF a doba pečení 54
Tab. 40 Rozdíly hédonického hodnocení u sušenek pečených při 200°C a 225°C 62

10 PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Formulář pro senzorické hodnocení 80
Příloha 2 Formulář pro senzorické hodnocení přijatelnosti 86
Příloha 3 Formulář pro senzorické hodnocení dílčích chutí 90
Příloha 4 Fotografie sušenek pečených při 175°C 91
Příloha 5 Fotografie sušenek s glukózou a fruktózou 91
Příloha 6 Fotografie sušenek pečených při 200°C 91
Příloha 7 Fotografie sušenek pečených při 225°C 92
Příloha 8 Koncentrace hydroxymethylfurfuralu ve vzorcích 93
Příloha 9 Naměřené hodnoty pevností sušenek 94
Příloha 10 Senzorické hodnocení 200°C 96
Příloha 11 Senzorické hodnocení 225°C 97
Příloha 12 Hédonického hodnocení sušenek pečených při 200°C 98
Příloha 13 Hédonického hodnocení sušenek pečených při 225°C 99
Příloha 14 Hodnocení dílčích chutí sušenek pečených při 200°C 100
Příloha 15 Hodnocení dílčích chutí sušenek pečených při 225°C 100

Příloha 1 Formulář pro senzorické hodnocení

Senzorické hodnocení sušenek

Příjmení: …… Datum:……
Jméno: ……. Čas hodnocení: …….
Specializace: …… Věk: ……, Pohlaví: ……
Zdravotní stav: ……
Hodnocené vzorky: …….

1. Vzhled sušenek

Tvar sušenek:

vzorek č.

……
……
……
……
……
……
……

pravidelný | mírně nepravidelný | nepravidelný

Vady tvaru popište (nezapomeňte uvést číslo vzorku)……

Povrch:

vzorek č.

……
……
……
……
……
……
……

hladký/rovný | mírné vady povrchu | hrbola-

Jiné vady povrchu popište (nezapomeňte uvést číslo vzorku)……

Barva:

vzorek č.

……
……
……
……
……
……
……

světlá, bílá | žlutá | tmavá, hnědá

Stejnoměrnost barvy:

vzorek č.

……
……
……
……
……
……
……

stálost jedné barvy | vady v barev- | barevná různorodost

Připomínky k barvě (nezapomeňte uvést číslo vzorku):
……..……
……
……

2. Vůně

vzorek č.

……
……
……
……
……
……
……

intenzivní | méně intenzivní | nevýrazná vůně

Připomínky k vůni (nezapomeňte uvést číslo vzorku):
……..……
……
……

3. Konzistence (rozlomením rukou)

Křehkost:

vzorek č.

……
……
……
……
……
……
……

křehké | optimálně křehké/tuhé | tuhé, houževnaté

Tvrdost:

vzorek č.

……

……

……

……

……

……

……

měkké | středně měkké/tvrdé | tvrdé

Připomínky ke křehkosti, měkkosti a tvrdosti (nezapomeňte uvést číslo vzorku):

……

……

……

Pórovitost:

vzorek č.

……

……

……

……

……

……

……

velké póry | středně velké póry | malé póry

Připomínky k množství a velikosti pórů (nezapomeňte uvést číslo vzorku):

……

……

……

Pravidelnost pórů:

vzorek č.

……

……

……

……

……

……

……

pravidelně pórovi- | mírně nepravidelná pórovitost | nepravidelně pórovité

Připomínky k pravidelnosti pórů (nezapomeňte uvést číslo vzorku):

……..…

4. Mechanicko-texturní vlastnosti zjištěné v ústní dutině

Pocit v ústní dutině při žvýkání:

Žvýkatelnost:

vzorek č.

……
……
……
……
……
……
……

dobrá žvýka- | středně dobrá žvýkatel- | špatná žvý-
telnost | | katelnost

Měkkost/tvrdost:

vzorek č.

……
……
……
……
……
……
……

měkké | středně měk- | tvrdé

Vlhkost/suchost zjištěná v ústní dutině:

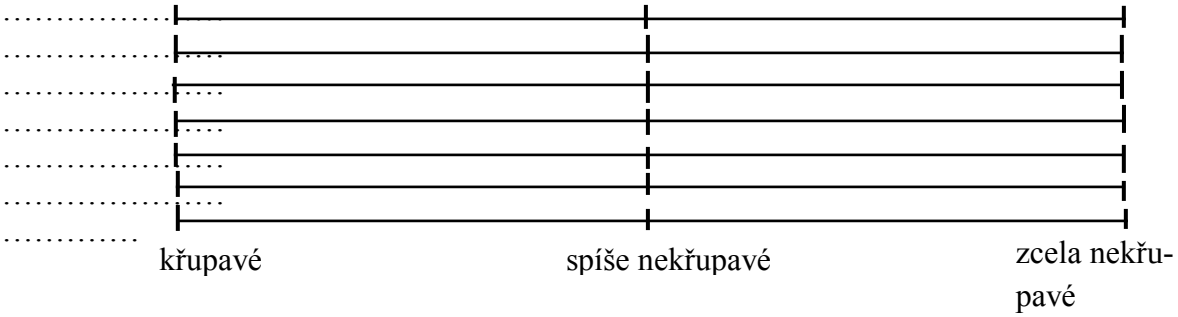
vzorek č.

……
……
……
……
……
……
……

vlhké | polovlhké/ polosu- | suché

Křupavost:

vzorek č.

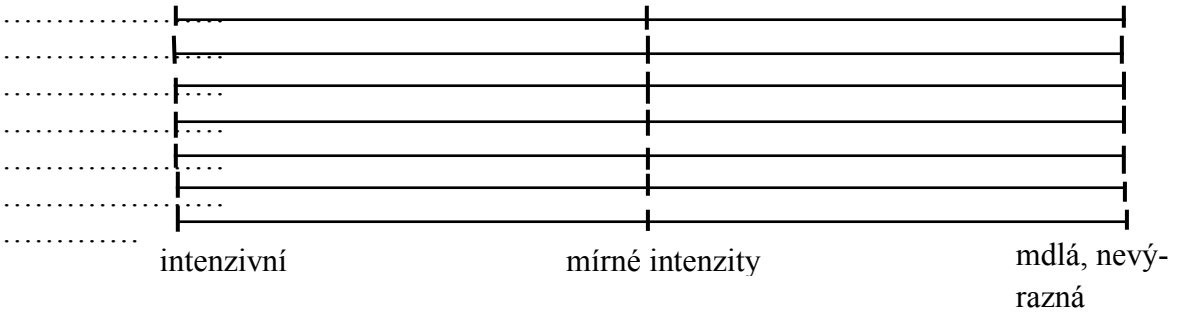


Připomínky k mechanicko-texturním vlastnostem zjištěným v ústní dutině (žvýkatelnost; měkkost/tvrdost; vlhkost/suchost; křupavost, (nezapomeňte uvést číslo vzorku)):
…….
……

5. Chuť

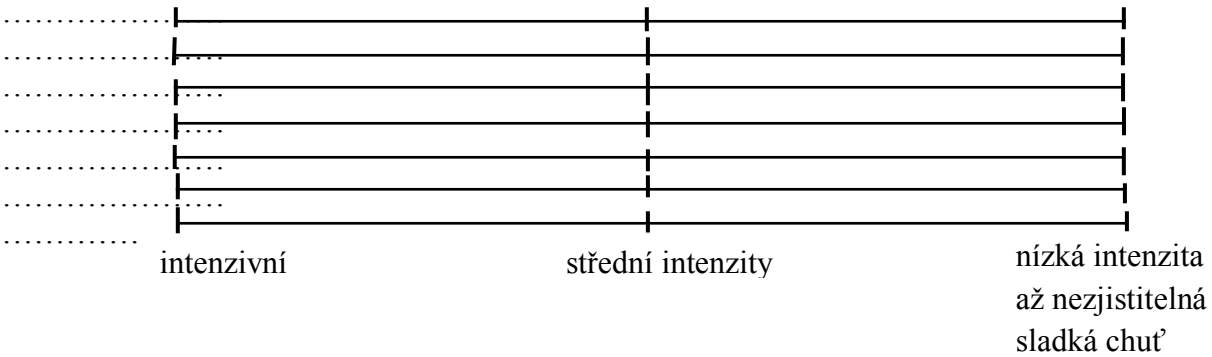
Celková chuť:

vzorek č.



Intenzita sladké chuti:

vzorek č.



Připomínky k celkové chuti, sladké chuti (nezapomeňte uvést číslo vzorku):

……

……

……

6. Pocit při polykání

vzorek č.

……
……
……
……
……
……
……

polykání velmi snadné, hladké | horší polykání | vázne v krku

Připomínky k pocitu při polykání (nezapomeňte uvést číslo vzorku):

……

……

……

7. Celkový dojem posuzovaného vzorku

vzorek č.

……
……
……
……
……
……
……

vynikající | dobrý/ průměrný | špatný

Připomínky k celkovému dojmu (nezapomeňte uvést číslo vzorku):

……

……

……

……

……

Příloha 2 Formulář pro senzorické hodnocení přijatelnosti

Hedonické hodnocení sušenek

Příjmení: ……Datum: ……
Jméno: …… Čas hodnocení: ……
Specializace: ……Věk: ……, Pohlaví: ……..
Zdravotní stav: ……

Hodnocené vzoky……

1. Povrch

Přijatelnost vzhledu povrchu:

vzorek č.

……
……
……
……
……
……
……

přijatelná na hranici přijatelnos- nepřijatelná

Přijatelnost barvy:

vzorek č.

……
……
……
……
……
……
……

přijatelná na hranici přijatelnos- nepřijatelná

2. Vůně:

Přijatelnost vůně:

vzorek č.

……
……
……
……
……
……
……

přijatelná na hranici přijatelnos- nepřijatelná

3. Konzistence (rozlomením rukou)

Přijatelnost křehkosti (lámavosti, drobivosti):

vzorek č.

……
……
……
……
……
……
……

přijatelná | na hranici přijatelnos- | nepřijatelná

Přijatelnost měkkosti/tvrdosti:

vzorek č.

……
……
……
……
……
……
……

přijatelná měk-kost/tvrdost | na hranici přijatelnos- | nepřijatelná měkkost/tvrdost

Přijatelnost pórovitosti:

vzorek č.

……
……
……
……
……
……
……

přijatelná | na hranici přijatelnos- | nepřijatelná

4. Příjemnost /přijatelnost v ústní dutině

Přijatelnost měkkosti/tvrdosti:

vzorek č.

……
……
……
……
……
……
……

přijatelná měk-kost/tvrdost | na hranici přijatelnos- | nepřijatelná měkkost/tvrdost

Přijatelnost vlhkosti/suchosti:

vzorek č.

……
……
……
……
……
……
……

přijatelně vlhké/suché | na hranici přijatelnos- | nepřijatelně vlhké/suché

Přijatelnost křupavosti:

vzorek č.

……
……
……
……
……
……
……

přijatelná | na hranici přijatelnos- | nepřijatelná

5. Chuť

Přijatelnost celkové chuti:

vzorek č.

……
……
……
……
……
……
……

přijatelná | na hranici přijatelnos- | nepřijatelná

Přijatelnost sladké chuti:

vzorek č.

……
……
……
……
……
……
……

přijatelná | na hranici přijatelnos- | nepřijatelná

6. Pocit při polykání

Přijatelnost pocitu při polykání:

vzorek č.

……
……
……
……
……
……
……

přijatelná | na hranici přijatelnos- | nepřijatelná

7. Celkový dojem

Celková přijatelnost

vzorek č.

……
……
……
……
……
……
……

přijatelná | na hranici přijatelnos- | nepřijatelná

Příloha 3 Formulář pro senzorické hodnocení dílčích chutí

Hodnocení zastoupení dílčích chutí sušenek

Příjmení: …… Datum:……

Jméno: ……. Čas hodnocení: ……

Specializace: …… Věk: ……, Pohlaví:…….

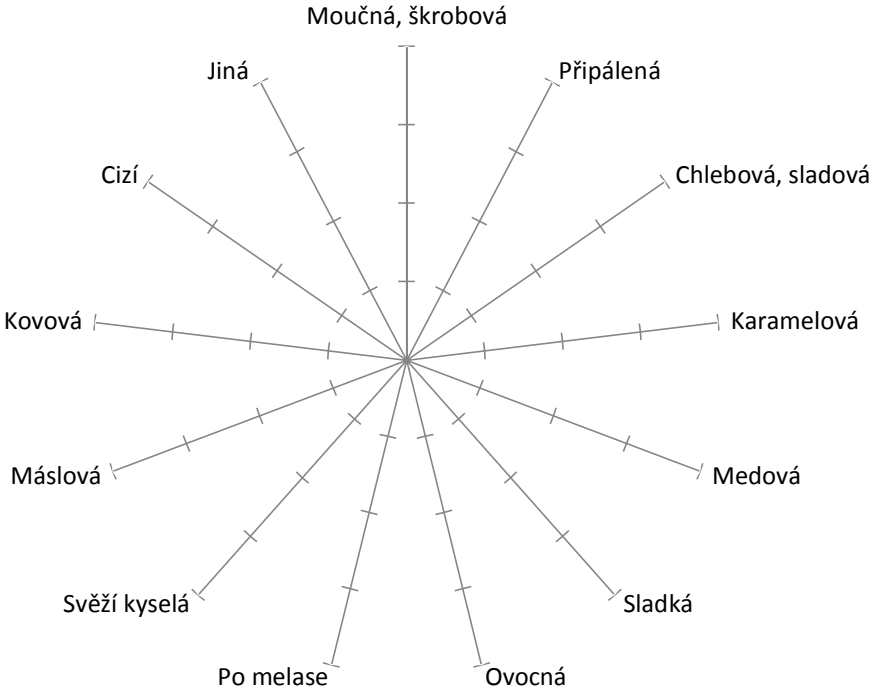
Zdravotní stav: ……

Hodnocený vzorek č.: ……

<u>Stanovte zastoupení dílčích chutí v celkovém vjemu:</u>

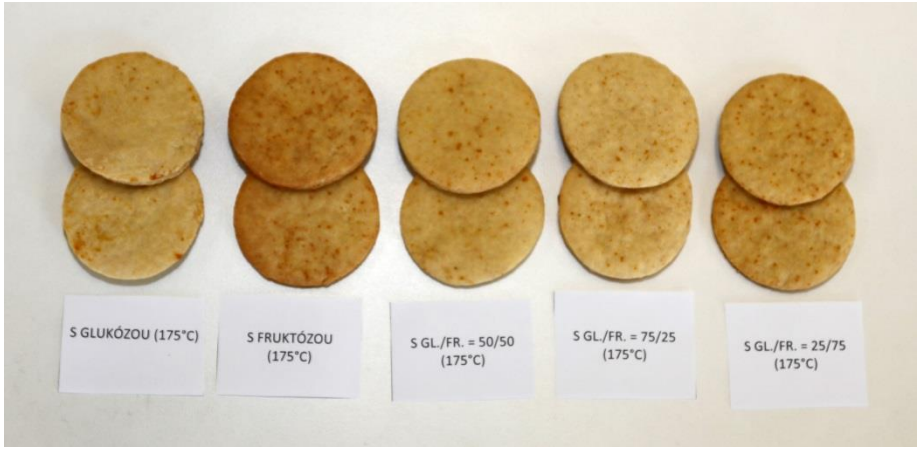
střed – nepřítomná dílčí chuť

okraj – intenzivní, zcela převažující; dílčí chuť určuje celkový vjem

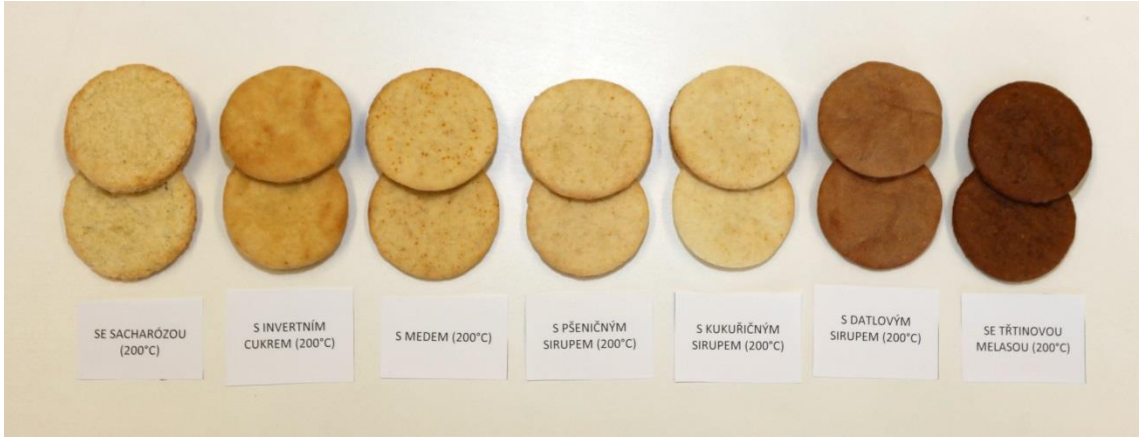


U jiné – uveďte: ……

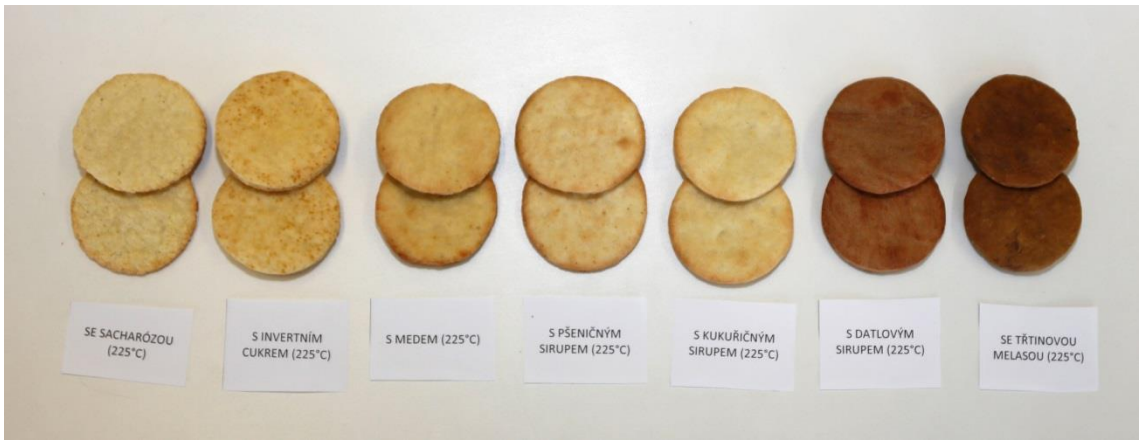
Příloha 4 Fotografie sušenek pečených při 175°C



Příloha 5 Fotografie sušenek s glukózou a fruktózou



Příloha 6 Fotografie sušenek pečených při 200°C



Příloha 7 Fotografie sušenek pečených při 225°C

Příloha 8 Koncentrace hydroxymethylfurfuralu ve vzorcích

Vzorek	c HMF [mg/kg]	c HMF [mg/kg]	Průměrná c HMF [mg/kg]	Rozpětí R [mg/kg]	Směrodatná odchylka s_r [mg/kg]	Relativní směrodatná odchylka $s_{r,R}$ v [%]	Směrodatná odchylka průměru $s_{\bar{x}R}$ v [mg/kg]	Interval spolehlivosti $L_{1,2}$ v [mg/kg]
Sacharóza	0,14	0,10	0,12	0,03	0,028	23,442	0,020	0,12±0,202
Invertní cukr	1402,20	1373,70	1387,95	28,50	25,257	1,820	17,859	1387,95±181,063
Med – květový	17,87	22,61	20,24	4,74	4,202	20,755	2,971	20,24±30,120
Pšeničný sirup	3,76	5,52	4,64	1,76	1,558	33,596	1,102	4,64±11,172
Kukuřičný sirup	0,57	0,36	0,47	0,21	0,185	39,730	0,131	0,47±1,326
Datlový sirup	5,37	11,34	8,36	5,97	5,294	63,340	3,743	8,36±37,950
Třtinová melasa	47,06	35,70	41,38	11,35	10,063	24,319	7,115	41,38±72,138
Glukóza	0,17	0,08	0,13	0,10	0,086	69,038	0,061	0,13±0,619
Fruktóza	1,97	1,92	1,94	0,05	0,043	2,228	0,031	1,94±0,310
Těsto sacharóza	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	–	0,000	0,00±0,000
Těsto invertní cukr	310,29	318,37	314,33	8,07	7,153	2,276	5,058	314,33±51,281
Těsto med	2,63	2,81	2,72	0,18	0,162	5,936	0,114	2,72±1,158
Těsto pšeničný sirup	0,59	0,77	0,68	0,18	0,159	23,523	0,113	0,68±1,142
Těsto kukuřičný sirup	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	–	0,000	0,00±0,000
Těsto datlový sirup	1,29	1,28	1,29	0,01	0,013	0,996	0,009	1,29±0,092
Těsto třtinová melasa	8,00	8,12	8,06	0,11	0,102	1,264	0,072	8,06±0,730
Těsto glukóza	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	–	0,000	0,00±0,000
Těsto fruktóza	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	–	0,000	0,00±0,000
Těsto gl/fr 50/50	0,25	0,20	0,23	0,05	0,042	18,535	0,030	0,23±0,300
Těsto gl/fr 75/25	0,16	0,10	0,13	0,06	0,055	42,132	0,039	0,13±0,396
Těsto gl/fr 25/75	0,16	0,27	0,22	0,11	0,094	43,483	0,066	0,22±0,671
Sušenka sacharóza 175°C	0,59	0,76	0,68	0,17	0,150	22,071	0,106	0,68±1,073
Sušenka invertní cukr 175°C	204,69	211,51	208,10	6,82	6,045	2,905	4,274	208,10±43,332
Sušenka med 175°C	9,60	9,28	9,44	0,31	0,277	2,938	0,196	9,44±1,988
Sušenka pšeničný sirup 175°C	2,22	2,38	2,30	0,16	0,140	6,109	0,099	2,30±1,006
Sušenka kukuřičný sirup 175°C	1,60	1,75	1,67	0,15	0,134	8,013	0,095	1,67±0,962
Sušenka datlový sirup 175°C	3,25	3,74	3,50	0,49	0,437	12,506	0,309	3,50±3,135
Sušenka třtinová melasa 175°C	15,38	12,61	13,99	2,77	2,456	17,546	1,736	13,99±17,603
Sušenka glukóza 175°C	3,62	2,17	2,89	1,46	1,292	44,633	0,913	2,89±9,260
Sušenka fruktóza 175°C	1,01	0,85	0,93	0,16	0,140	15,013	0,099	0,93±1,003
Sušenka gl/fr 50/50 175°C	4,74	4,87	4,80	0,13	0,117	2,431	0,083	4,80±0,837
Sušenka gl/fr 75/25 175°C	2,29	2,30	2,30	0,01	0,011	0,461	0,007	2,30±0,076
Sušenka gl/fr 25/75 175°C	0,83	0,78	0,81	0,04	0,039	4,884	0,028	0,81±0,282
Sušenka sacharóza 200°C	0,67	0,94	0,81	0,27	0,238	29,509	0,169	0,81±1,709

Sušenka invertní cukr 200°C	222,78	219,20	220,99	3,58	3,173	1,436	2,244	220,99±22,749
Sušenka med 200°C	9,04	8,88	8,96	0,16	0,143	1,590	0,101	8,96±1,022
Sušenka pšeničný sirup 200°C	2,91	2,29	2,60	0,63	0,555	21,346	0,392	2,60±3,976
Sušenka kukuřičný sirup 200°C	1,07	0,92	0,99	0,14	0,128	12,839	0,090	0,99±0,914
Sušenka datlový sirup 200°C	3,68	4,63	4,16	0,95	0,842	20,256	0,596	4,16±6,038
Sušenka třtinová melasa 200°C	10,49	11,17	10,83	0,68	0,602	5,557	0,426	10,83±4,316
Sušenka sacharóza 225°C	0,47	0,50	0,48	0,03	0,022	4,647	0,016	0,48±0,161
Sušenka invertní cukr 225°C	205,12	298,54	251,83	93,41	82,784	32,873	58,537	251,83±593,463
Sušenka med 225°C	8,72	32,14	20,43	23,42	20,755	101,582	14,676	20,43±148,786
Sušenka pšeničný sirup 225°C	1,65	2,14	1,90	0,49	0,436	22,941	0,308	1,90±3,122
Sušenka kukuřičný sirup 225°C	3,16	3,00	3,08	0,16	0,143	4,649	0,101	3,08±1,026
Sušenka datlový sirup 225°C	5,42	7,96	6,69	2,54	2,247	33,591	1,589	6,69±16,111
Sušenka třtinová melasa 225°C	9,71	11,07	10,39	1,36	1,207	11,620	0,853	10,39±8,652

Příloha 9 Naměřené hodnoty pevností sušenek

Sušenky 175°C	Sacharóza	Invertní cukr	Med	Pšeničný sirup	Třtinová melasa	Datlový sirup	Kukuřičný sirup
1. měření [N]	87,64	16,19	116,51	63,78	36,54	34,87	26,89
2. měření [N]	75,07	25,52	37,37	55,34	28,28	30,89	31,12
3. měření [N]	90,46	17,09	95,97	9,14	24,25	21,87	35,59
4. měření [N]		19,13	35,56	78,05	52,72	32,99	39,55
průměr [N]	84,39	19,48	71,35	51,58	35,45	30,16	33,29

Sušenky 175°C	Fruktóza	Glukóza	Gl/fr 50/50	Gl/fr 75/25	Gl/fr 25/75
1. měření [N]	26,12	41,38	23,89	22,18	16,91
2. měření [N]	27,52	44,7	33,41	25,92	16,23
3. měření [N]	15,72	28,23	35,22	20,9	21,46
4. měření [N]	30,28	57,2	38,96	33,69	13,51
průměr [N]	24,91	42,88	32,87	25,67	17,03

Sušenky 200°C	Sacharóza	Invertní cukr	Med	Pšeničný sirup	Kukuřičný sirup	Datlový sirup	Třtinová melasa
1. měření [N]	44,87	12,47	11,83	26,27	46,43	13,34	22,7
2. měření [N]	70,84	13,53	9,46	29,75	47,83	16,57	14,89
3. měření [N]	74,76	16,61	12,46	41,78	49,13	11,62	19,99
4. měření [N]	77,21	14,94	13,1	48,39	40,56	10,36	16,91
průměr [N]	66,92	14,39	11,71	36,55	45,99	12,97	18,62

Sušenky 225°C	Sacharóza	Invertní cukr	Med	Pšeničný sirup	Kukuřičný sirup	Datlový sirup	Třtinová melasa
1. měření [N]	69,97	13,18	16,84	58,75	20,61	13,7	32,37
2. měření [N]	57,86	13,39	12,49	77,27	36,04	11,51	28,29
3. měření [N]	65,05	14,19	14,24	58,09	17,37	18,19	20,73
4. měření [N]	47,72	13,51	12,71	76,65	12,44	11,8	20,42
průměr [N]	60,15	13,57	14,07	67,69	21,62	13,80	25,45

Příloha 10 Senzorické hodnocení 200°C

	Sacharóza 200°C	Invertní cukr 200°C	Med 200°C	Pšeničný sirup 200°C	Kukuřičný sirup 200°C	Datlový sirup 200°C	Třtinová melasa 200°C	Min	Max
Vzhled sušenek									
Tvar sušenek	84,59	73,15	79,70	85,98	86,31	73,61	89,02	73,15	89,02
Povrch	59,33	59,46	70,97	74,40	73,48	50,73	55,82	50,73	74,40
Barva	78,77	53,24	71,76	78,44	76,32	12,83	2,65	2,65	78,77
Stejnoměrnost barvy:	90,74	68,98	85,85	88,10	80,89	92,26	93,52	68,98	93,52
Vůně	60,19	61,31	61,64	62,50	56,88	70,77	76,39	56,88	76,39
Konzistence (rozlomením rukou)									
Křehkost	46,10	31,88	36,31	62,17	44,58	38,89	40,67	31,88	62,17
Tvrdost	27,98	60,85	56,48	32,54	27,91	81,15	34,19	27,91	81,15
Pórovitost	22,69	36,04	29,10	30,09	28,64	52,91	35,25	22,69	52,91
Pravidelnost pórů:	86,24	79,70	72,29	67,86	66,01	48,94	69,44	48,94	86,24
Mechanicko-texturní vlast-nosti zjištěné v ústní dutině									
Pocit v ústní dutině při žvýká-ní									
Žvýkatelnost:	66,07	74,21	33,66	62,57	49,40	51,12	67,00	33,66	74,21
Měkkost/tvrdost:	39,22	77,71	66,73	31,48	45,63	73,41	35,98	31,48	77,71
Vlhkost/suchost zjištěná v ústní dutině:	35,91	54,50	29,03	28,84	49,80	51,92	45,37	28,84	54,50
Křupavost:	77,05	33,86	15,34	85,25	58,66	26,65	61,64	15,34	85,25
Chuť									
Celková chuť:	80,09	64,62	37,30	44,64	29,03	47,09	77,12	29,03	80,09
Intenzita sladké chuti:	86,77	67,53	38,16	41,07	31,55	62,10	72,88	31,55	86,77
Pocit při polyká-ní	73,81	77,65	52,91	56,02	60,65	70,11	70,90	52,91	77,65
Celkový dojem posuzovaného vzorku	83,66	77,12	55,56	58,86	51,26	70,97	63,69	51,26	83,66

Příloha 11 Senzorické hodnocení 225°C

	Sacharóza 225°C	Invertní cukr 225°C	Med 225°C	Pšeničný sirup 225°C	Kukuřičný sirup 225°C	Datlový sirup 225°C	Třtinová melasa 225 °C	Min.	Max.
Vzhled sušenek									
Tvar sušenek	81,28	64,35	82,14	55,22	88,89	53,44	48,88	48,88	88,89
Povrch	43,06	56,35	46,76	63,03	50,53	36,18	22,75	22,75	63,03
Barva	74,07	55,09	54,83	73,74	74,74	12,63	5,09	5,09	74,74
Stejnoměrnost barvy:	84,33	80,22	78,04	85,52	81,94	85,85	82,74	78,04	85,85
Vůně	73,74	70,04	76,72	54,43	51,39	71,49	88,29	51,39	88,29
Konzistence (rozlomením rukou)									
Křehkost	48,48	47,69	36,44	68,19	41,53	39,22	40,94	36,44	68,19
Tvrdost	26,92	87,57	36,71	21,49	57,47	77,45	63,82	21,49	87,57
Pórovitost	39,15	26,46	29,17	22,55	24,60	37,37	40,87	22,55	40,87
Pravidelnost pórů:	82,67	66,60	62,04	43,45	52,78	37,37	56,94	37,37	82,67
Mechanicko-texturní vlastnosti zjištěné v ústní dutině									
Pocit v ústní dutině při žvýkání									
Žvýkatelnost:	61,97	65,74	39,15	53,84	49,54	46,16	70,97	39,15	70,97
Měkkost/tvrdost:	29,23	83,86	52,18	27,14	53,57	74,80	56,35	27,14	83,86
Vlhkost/suchost zjištěná v ústní dutině:	26,06	58,40	45,30	24,74	29,70	69,11	46,49	24,74	69,11
Křupavost:	68,25	11,18	25,46	65,81	46,83	21,76	34,52	11,18	68,25
Chuť									
Celková chuť:	65,28	40,34	32,67	24,93	21,30	59,52	70,04	21,30	70,04
Intenzita sladké chuti:	51,85	40,41	40,48	11,11	16,07	58,60	65,15	11,11	65,15
Pocit při polykání	74,27	54,50	42,72	53,90	55,95	71,96	64,55	42,72	74,27
Celkový dojem posuzovaného vzorku	63,16	51,65	39,22	30,22	36,18	62,57	56,02	30,22	63,16

Příloha 12 Hédonického hodnocení sušenek pečených při 200°C

	Sacharóza 200°C	Invertní cukr 200°C	Med 200°C	Pšeničný sirup 200°C	Kukuřičný sirup 200°C	Datlový sirup 200°C	Třtinová melasa 200°C	Min.	Max.
Povrch									
Přijatelnost vzhledu povrchu	87,90	80,95	79,17	84,06	88,56	81,08	90,21	79,17	90,21
Přijatelnost barvy	92,39	83,93	85,78	82,34	88,89	83,07	91,93	82,34	92,39
Vůně									
Přijatelnost vůně	90,08	82,87	84,85	84,46	84,06	81,22	80,29	80,29	90,08
Konzistence (rukou)									
Přijatelnost křehkosti (lámavosti, drobivosti)	86,90	77,31	57,08	76,98	75,20	64,48	67,00	57,08	86,90
Přijatelnost měkkosti/tvrdosti	66,90	77,25	56,55	79,56	49,01	76,98	66,67	49,01	79,56
Přijatelnost pórovitosti	84,76	90,15	71,03	80,29	89,48	82,47	82,22	71,03	90,15
Příjemnost/přijatelnost v ústní dutině									
Přijatelnost měkkosti/tvrdosti	75,40	80,42	63,89	75,86	69,13	68,45	63,41	63,41	80,42
Přijatelnost vlhkosti/suchosti	78,11	79,37	58,47	68,19	65,41	76,59	63,56	58,47	79,37
Přijatelnost křupavosti	81,28	53,11	42,86	75,86	54,03	53,37	61,38	42,86	81,28
Chuť									
Přijatelnost celkové chuti	83,40	81,48	57,67	67,53	47,02	70,97	65,08	47,02	83,40
Přijatelnost sladké chuti	90,41	81,08	59,99	59,52	53,31	73,08	75,79	53,31	90,41
Pocit při polykání									
Přijatelnost pocitu při polykání	79,83	79,76	58,00	61,04	61,24	65,08	69,18	58,00	79,83
Celkový dojem									
Celková přijatelnost	89,42	81,48	64,15	69,18	59,59	75,26	63,49	59,59	89,42

Příloha 13 Hédonického hodnocení sušenek pečených při 225°C

	Sacharóza 225°C	Invertní cukr 225°C	Med 225°C	Pšeničný sirup 225°C	Kukuřičný sirup 225°C	Datlový sirup 225°C	Třtinová melasa 225°C	Min.	Max.
Povrch									
Přijatelnost vzhledu povrchu	83,73	81,42	85,25	84,66	77,71	80,36	61,24	61,24	85,25
Přijatelnost barvy	83,33	77,45	79,63	85,71	70,57	81,81	64,75	64,75	85,71
Vůně									
Přijatelnost vůně	85,45	84,66	86,57	80,56	67,13	79,43	66,60	66,60	86,57
Konzistence (rukou)									
Přijatelnost křehkosti (lámavosti, drobivosti)	68,92	48,74	41,53	62,70	62,43	62,96	61,84	41,53	68,92
Přijatelnost měkkosti/tvrdosti	70,50	73,74	46,63	65,67	64,48	71,83	63,03	46,63	73,74
Přijatelnost pórovitosti	81,08	84,92	70,50	77,25	65,61	64,88	68,06	64,88	84,92
Příjemnost/přijatelnost v ústní dutině									
Přijatelnost měkkosti/tvrdosti	67,72	77,12	60,52	71,96	63,69	60,98	70,50	60,52	77,12
Přijatelnost vlhkosti/suchosti	79,23	66,47	53,84	71,98	55,42	72,29	74,60	53,84	79,23
Přijatelnost křupavosti	76,59	43,78	38,33	67,78	46,96	49,01	54,70	38,33	76,59
Chuť								0,00	0,00
Přijatelnost celkové chuti	78,31	72,29	57,08	52,45	52,25	73,08	64,68	52,25	78,31
Přijatelnost sladké chuti	89,75	81,61	72,35	60,58	51,59	75,66	77,84	51,59	89,75
Pocit při polykání									
Přijatelnost pocitu při polykání	75,99	69,18	48,88	62,24	62,24	71,30	67,39	48,88	75,99
Celkový dojem									
Celková přijatelnost	83,40	60,65	51,12	59,33	60,38	72,42	68,19	51,12	83,40

Příloha 14 Hodnocení dílčích chutí sušenek pečených při 200°C

Dílčí chuť	Sacharóza	Invertní cukr	Med	Pšeničný sirup	Kukuřičný sirup	Datlový sirup	Třtinová melasa	Max.	Min.
Moučná, škrobová	50%	50%	63%	75%	56%	25%	31%	75%	25%
Připálená	0%	0%	0%	19%	6%	19%	31%	31%	0%
Chlebová, sladová	0%	25%	0%	0%	25%	38%	25%	38%	0%
Karamelová	6%	6%	0%	6%	0%	13%	19%	19%	0%
Medová	25%	0%	19%	0%	13%	6%	25%	25%	0%
Sladká	63%	31%	25%	6%	6%	19%	31%	63%	6%
Ovocná	0%	0%	0%	0%	0%	0%	13%	13%	0%
Po melase	0%	0%	0%	0%	0%	13%	63%	63%	0%
Svěží kyselá	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Máslová	50%	19%	19%	13%	6%	0%	0%	50%	0%
Kovová	0%	19%	0%	6%	0%	0%	0%	19%	0%
Cizí	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Jiná	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Příloha 15 Hodnocení dílčích chutí sušenek pečených při 225°C

Dílčí chuť	Sacharóza	Invertní cukr	Med	Pšeničný sirup	Kukuřičný sirup	Datlový sirup	Třtinová melasa	Max.	Min.
Moučná, škrobová	31%	69%	69%	88%	63%	63%	31%	88%	31%
Připálená	13%	0%	0%	6%	0%	13%	19%	19%	0%
Chlebová, sladová	0%	13%	31%	25%	13%	44%	44%	44%	0%
Karamelová	13%	0%	13%	0%	0%	25%	31%	31%	0%
Medová	6%	0%	0%	0%	0%	0%	31%	31%	0%
Sladká	25%	19%	31%	13%	19%	38%	25%	38%	13%
Ovocná	0%	0%	0%	0%	0%	0%	13%	13%	0%
Po melase	0%	0%	0%	0%	0%	25%	63%	63%	0%
Svěží kyselá	0%	6%	0%	0%	0%	0%	6%	6%	0%
Máslová	31%	19%	13%	13%	6%	6%	0%	31%	0%
Kovová	0%	13%	0%	0%	13%	0%	0%	13%	0%
Cizí	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Jiná	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%