

Výroba bezlepkových sušenek s netradiční surovinovou skladbou a stanovení jejich nutriční hodnoty

Bc. Kateřina Matějková

Diplomová práce
2020

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2019/2020

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

Jméno a příjmení: **Bc. Kateřina Matějková**
Osobní číslo: **T18383**
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie potravin**
Forma studia: **Kombinovaná**
Téma práce: **Výroba bezlepkových sušenek s netradiční surovinovou skladbou a stanovení jejich nutriční hodnoty**

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část

1. Stručně shrnout technologii výroby sušenek, zaměřit se na jejich netradiční suroviny a tyto blíže charakterizovat

II. Praktická část

1. Vyrobít bezlepkové sušenky s netradiční surovinovou skladbou a stanovit u nich vybrané nutriční hodnoty

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] FERNANDEZ, L., CASAL, L.S., PEREIRA J.A. Edible flowers: A review of the nutritional, antioxidant, antimicrobial properties and effects on human health. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2017, 60, 38-50. ISSN 0889-1575.
- [2] DI CAIRANO, M., GALGANO, F., TOLVE, R., CARUSO, M.C., CONDELLI, N. Focus on gluten free biscuits: Ingredients and issues. *Trends in Food Science and Technology*. 2018, 81, 203-212. ISSN 0924-2244.
- [3] KORUS, A., GUMUL, D., KRYSZYJAN, M., JUSZCZAK, L., KORUS, J. Evaluation of the quality, nutritional value and antioxidant activity of gluten-free biscuits made from corn-acorn flour or corn-hemp flour composites. *European Food Research and Technology*. 2017, 243(8), 1429-1438. ISSN 1438-2385.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Daniela Sumczynski, Ph.D.**
Ústav analýzy a chemie potravin

Datum zadání diplomové práce: **17. února 2020**
Termín odevzdání diplomové práce: **15. května 2020**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

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

Ve Zlíně dne 17. února 2020

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

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

Prohlašuji,

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

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá výrobou sušenek s netradiční surovinovou skladbou (obohacené o neobvyklé mouky, sušené ovoce, jedlé květy či rýžový protein) a nutriční analýzou jejich základních jakostních znaků. Nutriční analýza zahrnuje stanovení obsahu vlhkosti, popela, škrobu, lipidů, hrubých bílkovin, hrubé a neutrálně-detergentní vlákniny, stravitelnosti sušiny a organické hmoty vzorku. U netradičních sušenek byl obsah vlhkosti, popela, bílkovin a vlákniny oproti standardům vyšší. Naproti tomu hodnoty koncentrací u škrobu, lipidů a stravitelnosti měly klesající tendenci.

Klíčová slova: sušenky, bezlepková potraviny, celiakie, netradiční suroviny, nutriční analýza

ABSTRACT

The diploma thesis deals with the production of biscuits containing a non-traditional raw material composition (enriched with unusual flours, dried fruits, edible flowers or rice protein) and nutritional analysis of their basic quality characteristics. Nutritional analysis includes determination of moisture, ash, starch, lipids, crude protein, crude and neutral-detergent fiber, digestibility of dry matter and organic matter sample. The content of moisture, ash, protein and fiber in non-traditional biscuits was higher than the standards. In contrast, the concentration values for starch, lipids and digestibility tended to decrease.

Keywords: biscuits, gluten-free food, celiac disease, non-traditional raw material, nutritional analysis

V první řadě bych ráda poděkovala své vedoucí diplomové práce paní doc. Ing. Daniele Sumczynski, Ph.D. za odborné vedení práce, cenné rady, návrhy, a především za vstřícnost a přátelské jednání. Dále bych ráda poděkovala paní laborantce Ing. Lence Fojtíkové a paní Ing. Kristýně Šťastné za pomoc a ochotu při realizaci praktické části diplomové práce. S poděkováním nesmím zapomenout na svou rodinu a přátele za jejich trpělivost a podporu, kterou mi poskytovali během studia. V neposlední řadě děkuji celé mé rodině a přátelům za jejich podporu, trpělivost a slova povzbuzení.

Tuto práci bych chtěla věnovat své mamince, protože jí patří to největší děkuji. Byla mi po celou dobu studia hnací silou, velkou oporou a bez ní by to zkrátka nešlo.

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

OBSAH

ÚVOD.....	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 SUŠENKY	11
1.1 HISTORIE SUŠENEK.....	11
1.2 KLASIFIKACE SUŠENEK	12
1.2.1 Trvanlivé pečivo s nízkým obsahem tuku a cukru.....	12
1.2.2 Sušenky se středním obsahem tuku a cukru.....	13
1.2.3 Sušenky s vysokým obsahem tuku a cukru.....	14
2 SUROVINY PRO VÝROBU SUŠENEK	16
2.1 MOUKA	16
2.2 CUKR A DALŠÍ SACHARIDY	17
2.3 TUKY A OLEJE	18
2.3.1 Živočišný tuk.....	19
2.3.2 Rostlinné oleje.....	19
2.4 DALŠÍ VYBRANÉ SUROVINOVÉ PŘÍSADY	20
2.5 PŘÍDATNÉ LÁTKY	21
2.5.1 Emulgátory	22
2.5.2 Antioxidanty.....	22
2.5.3 Kypřicí prostředky	23
2.5.4 Ostatní přídatné látky	23
2.6 NETRADIČNÍ SUROVINY	24
2.6.1 Sušené ovoce a ořechy	24
2.6.2 Jedlé květy.....	25
3 TECHNOLOGIE VÝROBY SUŠENEK.....	26
3.1 MÍCHÁNÍ	27
3.2 TVAROVÁNÍ.....	27
3.2.1 Vypichování	28
3.2.2 Lisování.....	28
3.2.3 Vytlačování	30
3.2.4 Stříkání	31
3.3 PEČENÍ	31
3.4 CHLAZENÍ	32
3.5 BALENÍ.....	33
3.6 ROZDÍLNOSTI V TECHNOLOGII VÝROBY U JEDNOTLIVÝCH TYPŮ SUŠENEK.....	33
3.6.1 Sušenky z tvrdého těsta	33
3.6.2 Sušenky z krátkého těsta	34
3.6.3 Sušenky z měkkého těsta	35

4	BEZLEPKOVÉ SUŠENKY	36
4.1	CELIAKIE.....	36
4.2	LEGISLATIVA O BEZLEPKOVÝCH VÝROBCÍCH	37
4.3	BEZLEPKOVÉ MOUKY	37
4.3.1	Rýžová mouka.....	38
4.3.2	Konopná mouka	38
4.3.3	Ostatní mouky	38
4.4	VÝROBA BEZLEPKOVÝCH SUŠENEK.....	39
II	PRAKTICKÁ ČÁST	40
5	CÍL PRÁCE	41
6	METODIKA PRÁCE	42
6.1	POUŽITÉ CHEMIKÁLIE, POMŮCKY A PŘÍSTROJOVÉ VYBAVENÍ	42
6.1.1	Chemikálie	42
6.1.2	Použité pomůcky a přístrojové vybavení	42
6.2	PŘÍPRAVA VZORKŮ.....	44
6.3	STANOVENÍ NUTRIČNÍCH HODNOT	46
6.3.1	Stanovení vlhkosti	46
6.3.2	Stanovení popela	46
6.3.3	Stanovení obsahu škrobu dle Ewerse	47
6.3.4	Stanovení obsahu lipidů	48
6.3.5	Stanovení obsahu dusíkatých látek Kjeldahlovou metodou s následným přepočtem na obsah hrubé bílkoviny	49
6.3.6	Stanovení vlákniny	50
6.3.7	Stanovení stravitelnosti	53
6.4	STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ NAMĚŘENÝCH DAT	55
7	VÝSLEDKY A DISKUZE	56
7.1	VYROBENÉ VZORKY SUŠENEK	56
7.2	VÝSLEDKY STANOVENÍ OBSAHU VLHKOSTI A POPELA	58
7.3	VÝSLEDKY STANOVENÍ OBSAHU ŠKROBU, LIPIDŮ A HRUBÉ BÍLKOVINY.....	60
7.4	VÝSLEDKY STANOVENÍ OBSAHU VLÁKNINY	63
7.5	VÝSLEDKY STANOVENÍ STRAVITELNOSTI	65
	ZÁVĚR	67
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	69
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	76
	SEZNAM OBRÁZKŮ	77
	SEZNAM TABULEK	78

ÚVOD

Sušenky jsou v potravinářském průmyslu velmi oblíbeným a rozšířeným druhem trvanlivého pečiva konzumované širokou škálou populace. Sušenky jsou oblíbené díky svým smyslovým atributům, dlouhé trvanlivosti, relativně nízké ceně, vhodné velikosti balení a dostupnosti. Roční spotřeba sušenek na osobu je ve vyspělých zemích zhruba 10 až 15 kg [1]. Sušenek se vyrábí celá řada druhů, které se liší recepturním složením, způsobem tvarování a konečné úpravy. Klasické sušenky, které se vyrábí z tradičních surovin, jsou bohaté na volné cukry a tuky a z biologického hlediska nejsou plnohodnotné. Zejména kvůli vysoké energetické hodnotě a nízké nutriční hodnotě, jinými slovy dodávají člověku takzvané „prázdné kalorie“. Chybějí jim důležité nutriční složky jako vitaminy, minerální prvky a často i vláknina. S tímto aspektem a větším zájmem populace o zdraví souvisí zvyšující se poptávka po cereálních výrobcích s přidanou hodnotou. Nejčastěji se jedná o sušenky připravované z netradičních plodin nebo s přidavkem vlákniny či proteinových složek [2]. Benefitem pro začlenění nových složek může být výroba sušenek zdraví prospěšných nebo se můžou brát jako nutraceutika.

Právě lidé s nesnášenlivostí lepku, tedy trpící celiakii, vyhledávají sušenky se změněným recepturním složením. Pro tuto skupinu lidí je jedinou možností léčby bezlepková výživa, která musí být celoživotní. Jejich strava je však často nevyvážená a postrádá mnoho živin. Dostupné bezlepkové výrobky na trhu jsou většinou vyrobeny na bázi různých škrobů, obsahují větší množství tuků, energie, ale nižší obsah kvalitních bílkovin, vlákniny, některých minerálních prvků a vitaminů B komplexu, což má významný vliv na jejich nutriční hodnotu [2]. V posledních letech došlo k určitým průlomům, ale stále existuje potřeba poskytovat pro celiaky kvalitnější produkty. Sušenky se ukazují jako dobrý prostředek pro dodání živin pacientům s celiakií, protože se jedná o potravinu, kterou ocení všechny skupiny populace. Kromě toho je snazší vyrábět bezlepkové sušenky než ostatní bezlepkové pečivo. Ve srovnání například s chlebem hraje lepek v sušenkách menší roli, takže je možné využít širší výběr (netradiční) mouky [3].

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 SUŠENKY

Dle vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 18/2020 Sb. v aktuálním znění se sušenkami rozumí trvanlivé pečivo získané upečením hmoty, nekypřené nebo chemicky kypřené [4].

Sušenky jsou ve většině zemí světa velmi významná část potravinářského průmyslu. Jejich úspěch lze přičíst zejména těmto klíčovým faktorům: poměrně dlouhá trvanlivost, relativně dobrý poměr ceny a kvality, jednoduchá konzumace a v neposlední řadě velká obliba cukru a čokolády, ze kterých se sušenky obvykle vyrábí. Na počátku se sušenky vyráběly z několika málo ingrediencí, ale s postupem času a průmyslovým rozvojem se začala hromadně vyrábět široká škála chutných produktů [5].

Sušenky mají také mnoho funkčních forem, jsou fortifikované o železo, vápník a vitaminy, jsou určeny např. jen pro kojence, děti, starší osoby nebo pro osoby se zvláštními potřebami. Příkladem poslední skupiny může být bezlepkové stravování, kdy jsou sušenky vyrobeny ze surovin neobsahujících lepek [6].

1.1 Historie sušenek

Název „sušenka“, cizím slovem *biscuit*, pochází z latinského slovního spojení *panis biscoctus*, což v překladu znamená dvakrát vařený chléb [5]. Existuje také staré francouzské slovo „*bescoit*“, které má obdobný význam. Předpokládá se, že tyto chlebové suchary se pekly tisíce let [7]. Byly vyráběny zejména Římany, Peršany a Egypťany jako levná forma obživy pro námořníky, vojáky, či chudý lid [6]. Původní proces spočíval v pečení těchto sušenek v horké peci a jejich následném sušení v chladné peci. Tato technika dvojitého pečení se v moderní výrobě sušenek vyskytuje velmi vzácně [7].

Výraz *biscuit*, jak je definován výše, je používán ve Velké Británii, na Novém Zélandu, v Austrálii a Jižní Africe. Tento termín se také používá v USA, ale pro pečený výrobek, respektive pro produkt podobný kvašenému chlebu, který je blízký britskému koláčku. Slovo *cookie* je odvozeno od nizozemského slova *koekje*, což znamená malý koláč. V USA *cookies* popisují stejný typ produktů, které se ve Velké Británii nazývají *biscuits* [7]. Tato dvě slova lze tedy považovat za synonyma s tím rozdílem, že *cookies* jsou komplexnější v Americe a *biscuits* v Británii [8]. Poslední termín, který je potřeba zmínit, je *cracker*. Výraz *cracker* se obecně používá po celém světě a týká se produktů s velmi nízkým obsahem cukru a tuků. Toto pojmenování pravděpodobně vzniklo díky „zvuku“ při jejich konzumaci [7].

1.2 Klasifikace sušenek

Z pohledu legislativního a z pohledu technologů a výzkumníků se poukazuje na to, že produkty nebo výrobky založené na přírodních surovinách mají sklon tvořit v rámci dělení produktů skupiny, které se často překrývají a tím znesnadňují jednoznačné definice. Obecně se uznává, že tyto výrobky jsou na bázi obilovin. Cereální složka je vždy různě obohacena o dvě hlavní přísady (tuk a cukr), ostatní surovinová skladba je téměř nekonečná. Nabídka sušenek se liší i variabilitou náplní a potahováním [8].

Kadlec a kol. (2009) tyto výrobky dělí do jednotlivých skupin podle:

obsahu tuku:	keksy (0 – 15 % tuku), biskvity (15 – 35 % tuku),
způsobu zpracování těsta:	připravené za studena, připravené za tepla,
způsobu tvarování:	vypichované s obsahem tuku 0 – 20 %, vytlačované s obsahem tuku 15 – 30 %, lisované s obsahem tuku 15 – 30 %,
úpravy před balením:	jednoduché, plněné, polomáčené, celomáčené v čokoládě, zdobené na povrchu, slepované,
chuti:	slané, sladké, speciálně ochucené [9].

Každá kategorie a každý typ výrobku vyžaduje zvláštní míchání, tvarování a proces pečení [6].

1.2.1 Trvanlivé pečivo s nízkým obsahem tuku a cukru

Sušenky se vyznačují velmi nízkým obsahem tuku a cukru a vyrábí se z takzvaného tvrdého těsta. Díky tomu se finální produkt jeví tvrdší a sušší [10]. Tato škála produktů se většinou vyznačuje křupavou a otevřenou texturou s pikantní chutí [6]. Někdy jsou sušenky zdobeny semeny, jako je mák nebo sezam [7]. Nalezneme je ale i v polosladkém provedení, ochucené nejčastěji vanilkou nebo karamellem. Často jsou spojeny s podáváním horkého nápoje, ať už je to čaj nebo káva. Někdy se mohou vyrábět jako slepované a máčené v čokoládě nebo mohou obsahovat také kousky ovoce. Příprava těsta se většinou uskutečňuje za tepla. Před

závěrečným krokem, pečením, se může do horní části sušenky razit jméno, resp. vzor typický pro daný typ sušenky [11].

Na obrázku 1 je názorná ukázka sušenek patřící do této skupiny.



Obrázek 1: Sušenka z tvrdého těsta

[12]

1.2.2 Sušenky se středním obsahem tuku a cukru

Sušenky se středním obsahem tuku se vyrábí z těsta, které je soudržné a plastické, ale postrádá roztažnost a pružnost [7]. V odborné literatuře se označuje jako těsto krátké [11]. Velkou výhodou je jednoduché tvarování výrobků, které umožňuje právě konzistence těsta. Tento charakteristický rys technologie umožňuje častou výrobu sušenek po celém světě ve velmi velkých objemech [6]. Existuje řada produktů, lišící se tvarem, velikostí, příchutí či přísadou [7].

Sušenky se nejčastěji ochucují vanilkou, máslem, karamellem, citronovým olejem, kakaem či kořením, zejména zázvorem a skořicí. Vzhledem k vlastnostem těsta je možné přidávat kousky čokolády, sušeného ovoce nebo kousky ořechů. Také se mohou vytvářet na povrchu tohoto typu sušenek různé reliéfy. Povrch sušenek se může ozvláštnit posypáním krystaly cukru o různé velikosti, kousky semen, oříšků apod [11].

Podle Davidson a kol. (2019) je na obrázku 2 vyobrazen typ sušenky, spadající do této kategorie.



Obrázek 2: Sušenka z krátkého těsta

[13]

1.2.3 Sušenky s vysokým obsahem tuku a cukru

Těsta, která jsou vždy bohatá na tuk a cukr, jsou známá jako měkká těsta [8]. Toto těsto se vyznačuje skoro až tekoucí konzistencí a jeho součástí bývá často vaječný obsah ušlehaný do tuhé pěny [7, 11]. Vysoký obsah cukru v receptuře nemusí být tehdy, pokud se v pozdějších úpravách posypávají cukrem nebo mají sladkou náplň či polevu. Další problém se může vyskytnout, pokud je těsto příliš měkké. Výsledkem budou špatně tvarovatelné sušenky [10]. Hotové sušenky by tedy měly být měkké, jemné textury, které snadno praskají a po vložení do úst se pomalu rozpouštějí. Tyto vlastnosti však způsobují, že jsou křehké a manipulace s nimi je o to náročnější [7, 11]. Produkce tohoto typu sušenek je spíš nízká, protože suroviny, potřebné v receptuře, patří mezi dražší [11].

Jedny z možných druhů sušenek, které spadají do této skupiny, jsou čokoládové cookies, dohledatelné taky pod názvem jako sušenky s čokoládovými chipsy. Poprvé sušenky s kousky čokolády vyrobila americká společnost Toll House Cookies. V současné době se těší velké oblibě a produkce je rozšířená téměř po celém světě [11].

Na obrázku 3 je pro znázornění uveden typ sušenky z výše zmíněné kategorie.



Obrázek 3: Sušenka z měkkého těsta [14]

2 SUROVINY PRO VÝROBU SUŠENEK

Hlavní odlišností většiny sušenek od ostatních pečených obilných výrobků je velmi nízký obsah vlhkosti. Jak už bylo zmíněno v první kapitole, sušenky obvykle dosahují přibližně 1 – 5 % [15].

Hlavními složkami používanými při výrobě sušenek jsou pšeničná mouka, tuk a cukr. Kvalita sušenek se řídí povahou a množstvím použitých složek [16]. Jejich specifickým zastoupením mohou být vytvořeny různé tvary a textury [17]. K těmto přísadám mohou být přidány také další složky, které zlepšují finální vlastnosti daného produktu (chuť, texturu apod.) [18].

2.1 Mouka

Mouka je základní a pravděpodobně nejrozmanitější surovinou pro výrobu sušenek [19]. Převládajícím druhem při výrobě sušenek je mouka pšeničná [20].

Pšeničná mouka je mezi obilnými moukami jedinečná v tom, že po smíchání s vodou tvoří její proteinové složky elastickou síť schopnou zadržovat kypřící plyn a v průběhu pečení rozvíjet pevnou pórovitou strukturu. Proteiny (gliadin a glutenin), přispívající k těmto vlastnostem, jsou společně známy pod pojmem lepek. Vhodnost mouky pro výrobu sušenek je obecně určena právě lepem [15]. Tvorba lepku, jeho pevnost a elasticita jsou do značné míry určovány genetikou, pěstitelskými podmínkami pšenice a procesem mletí [15, 18].

Mouka z různých odrůd pšenice se liší zejména v obsahu bílkovin a jejich kvalitě. Typ použité mouky závisí na dané technologii výroby, respektive výsledném produktu [16]. Měkké nebo krátké sušenky se obvykle vyrábějí z mouky s nízkým obsahem bílkovin (7 – 9 %). Mouka s nízkým obsahem mouky, tzv. „slabá“ mouka vytváří těsto s mnohem slabší lepkovou sítí. Tato těsta mívají navíc vyšší obsah tuku [18]. Pro výrobu sušenek z tvrdého těsta, kdy lepek tvoří elastické, pevné těsto, se používá „silná“ mouka obsahující 9 – 11 % bílkovin [16, 18].

Hlavní složkou pšeničné mouky je škrob. Představuje téměř veškerý obsah sacharidů a přibližně 80 % celkového energetického složení pšeničné mouky. Základní molekuly škrobu (amylóza a amylopektin) zapříčiňují tvorbu gelu, který přispívá k rigiditě a struktuře sušenky [18].

Hlavní funkce pšeničné mouky v sušence jsou uvedeny v následujícím shrnutí:

Hlavní funkce pšeničné mouky

[16]

- vytvarování těsta během míchání
- udržování všech ingrediencí rovnoměrně rozložených v těstě
- umožnění snadné manipulace s těstem
- zadržení plynu během fermentace a pečení
- vytvoření struktury sušenky

Kromě pšeničné mouky se používají i další druhy mouky jako je rýžová, kukuřičná, sójová, ovesná, jáhlová či mouky z ječmene. Některé z nich, jako například rýžová, kukuřičná, konopná a další, se používají k výrobě bezlepkových sušenek [20]. O bezlepkových moukách bude více pojednáno ve čtvrté kapitole této diplomové práce.

2.2 Cukr a další sacharidy

Standardní a důležitou složkou receptury sušenek je také cukr (nejčastěji sacharóza), který dodává sladkou chuť a ovlivňuje vlastnosti daných výrobků [9, 18]. Sacharidy využívané pro tvorbu sušenek se nachází buď v podobě jednoduchých cukrů – glukóza a fruktóza (monosacharidy), nebo komplexních cukrů, jako je sacharóza a maltóza (disacharidy). Laktóza může být přítomna jako složka v odstředěném mléce či v podobě syrovátkového prášku. Stručně řečeno, cukr či cukerný roztok a sirupy používané při výrobě sušenek nabízí širokou škálu možností – od samotných krystalických forem sacharózy a fruktózy, přes invertní sirup, glukózový sirup, med až po zlatý sirup [16]. Obvykle se ale využívá kombinace sacharózy a glukózového sirupu, přičemž první z nich během pečení vytváří texturu a druhý z nich je zodpovědný vlivem Maillardových reakcí za vývoj barev konečného produktu [20].

Komerční cukry jsou obvykle kategorizovány jako granulované nebo práškové. Granulované cukry jsou v rozsahu od extrémně jemného zrna (potahovací hmota) po hrubou

strukturu. Práškové cukry se vyrábějí mletím granulovaných cukrů a proséváním přes jemnou tkaninu [15]. Množství, granulace a druh použitého cukru ovlivňují výslednou konzistenci sušenky [16]. Z funkčního hlediska má cukr během pečení tendenci inhibovat želatinaci škrobu a vývoj lepku, což způsobuje delší dobu kynutí těsta a vznik sušenky s jemnější texturou [18, 21]. Nerozpuštěné krystaly cukru dodávají křupavou a křehkou strukturu [18]. Pokud je ovšem množství sacharózy vysoké, sušenka je tvrdá [21].

Cukr může být ve svých různých krystalických formách a velikostech využit pro povrchovou dekoraci. V některých případech se povrchová dekorativní vrstva sacharózy během pečení roztaví, poté se ochladí jako sklo, čímž se vytvoří atraktivní lesk nebo glazura. Cukr je také samozřejmě hlavní složkou polev, které se po upečení používají k polévání některých sušenek. Další možnost je použít cukr v podobě karamelu, který díky svým vlastnostem, nahořklá chuť a tmavá barva, dodává sušenkám zase jinou příchut' [21].

Funkce cukru při výrobě sušenek je uvedeno v následujícím shrnutí.

Hlavní funkce cukru

[16]

- dodává sladkou chuť
- působením na bílkoviny mouky zjemňuje výsledné těsto
- pomáhá zadržovat vlhkost → zlepšení skladovatelnosti
- karamelizace cukru a Maillardovy reakce přispívají k barvě sušenek
- vlivem na lepek je těsto vláhé a získává na objemu
- nezbytný pro kvasinky během fermentace → vznik CO_2 → dodání správného objemu těsta

2.3 Tuky a oleje

Tuk je jednou z nejdůležitějších ingrediencí sušenek [22]. Je nezastupitelnou surovinou pro dosažení struktury, pocitu plnosti chuti a správného vjemu při „ukousnutí“ sušenky [15, 18].

Zdroje tuku a oleje sahají od živočišného tuku, kde hlavní zástupcem je máslo, popřípadě sádlo, po rostlinné oleje jako jsou palmový, slunečnicový, kokosový, arašídový atd. [20].

Tuk během míchání obklopuje částice mouky, což blokuje absorpci vody hydrofilními složkami mouky, tím se přerušuje tvorba lepkové sítě a těsto je méně viskózní [9, 18]. Výsledkem je dobrá zpracovatelnost těsta [9]. Recepty s vysokým obsahem tuku vyžadují málo vody. Používají se na výrobu soudržného, měkkého či krátkého těsta. Tuky mají také tendenci během pečení inhibovat účinek CO₂, čímž vytváří jemnější a tenčí strukturu sušenky [18].

2.3.1 Živočišný tuk

Po mnoho let byly rafinované živočišné tuky důležitou surovinou v sušenkovém těstě, protože měly dokonalé vlastnosti tání. Živočišné tuky v posledních letech šly do ústraní (vyjma sušenek s vyšším podílem másla, tzv. obchodní terminologii máslové sušenky, o kterých je pojednáno v podkapitole 2.4) a postupně se nahrazovaly rostlinnými oleji [22].

2.3.2 Rostlinné oleje

Oleje, získané z plodů palmy olejné, či ze semen řepky olejné, slunečnice, sóji aj., byly dříve nejběžnějšími surovinami k výrobě sušenek. Tyto oleje jsou však při pokojové okolní teplotě kapalné a z fyzikálních důvodů (teplota tání, krystalická forma) je jejich použití nevhodné. Proto byly oleje modifikovány procesem známým jako hydrogenace, který zvýšil teplotu tání a poskytl olejům požadované vlastnosti. V roce 2006 ale vyvstal problém spojený s obsahem *trans*-mastných kyselin (*trans*-MK) v částečně hydrogenovaných olejích a zdravotním rizikem. Vzhledem k nejasnostem ohledně rozdílů mezi *trans*-MK a procesem hydrogenace, který je ne vždy produkuje, existovala snaha výrobců sušenek zaměřit se na alternativy. Jedinou skutečnou komerční možností po mnoho let byl palmový olej splňující i ostatní vlastnosti – krystalizace a teplota tání kolem 36 °C. Později se však používání tohoto oleje začalo zpochybňovat z důvodů vyšší hladiny nasycených tuků a udržitelnosti. V současné době výrobci sušenek usilují o snížení obsahu nasycených MK v těstě. Jednou cestou k tomu je smíchání palmového oleje s kapalným olejem, jako je slunečnicový olej s vysokým obsahem kyseliny olejové (HOSO). Každá 10% náhrada HOSO do palmového oleje sníží hladinu nasycených MK vážících se v tucích asi o 4 % [22].

Na závěr je nutno zmínit, že tuky používané při výrobě sušenek by měly být vysoce kvalitní, protože mohou být podrobeny lipolýze. Z tohoto důvodu jsou při výrobě vždy přidávány

antioxidanty, které pomáhají předcházet oxidačnímu žluknutí a vývoji pachů [16]. Tuky nebo oleje se dále používají jako povrchové spreje (kokosový olej), krémové náplně či polevy například v podobě čokolády [15, 16].

Hlavní funkce tuků a olejů při výrobě sušenek jsou vypsány níže.

Hlavní funkce tuků a olejů

[16]

- zlepšuje zpracovatelnost těsta
- dodává těstu vláčnost → jemná textura sušenky
- vylepšuje chuť sušenky

2.4 Další vybrané surovinové přísady

Mléko, máslo a sýr jsou tradičními ingrediencemi pro pečení díky jejich chuti a nutričním hodnotám [23]. Mléko a syrovátka jsou dobrým zdrojem bílkovin, ale také obsahují laktózu, na kterou mohou někteří konzumenti trpět intolerancí při jejím metabolismu. Tyto suroviny během pečení dávají prostřednictvím chemické reakce sušenkám zlatohnědou barvu [15, 16]. V sušenkách je neobvyklé používat čerstvé mléko nebo smetanu. Pokud se tak stane, tak většinou v malém množství [23]. Zpravidla se přidávají mléčné výrobky v sušené formě, a to hlavně z důvodu snadnější manipulace a skladování [15, 23]. Máslo lze použít nejen jako hlavní přísadu, ale také i jako minoritní surovinovou komponentu. Jeho používání je jednoznačně kvůli jeho charakteristické chuti. Sušenky obsahující máslo mají pro označování své předpisy. Například v EU musí „máslové sušenky“ obsahovat máslo alespoň do úrovně 7 % sušiny a „mléčné sušenky“ musí mít nejméně 2,4 % látek z plnotučného mléka vztažených na hmotnost sušiny [23].

Vejce je pro pečení sušenek jednou z nejpoužívanějších surovin. Celé vejce se však kvůli potížím s praskáním a následnou manipulací běžně jako takové moc nevyužívá [23]. Na trhu jsou tedy spíše v tekutém, zmrazeném či sušeném stavu [15]. Vejce se podílí na barvě, struktuře, nutriční hodnotě a v drobné míře i na chuti sušenky [15]. Vaječný žloutek je bohatý na tuk a fosfatidylcholin, který plní funkci emulgátoru [23]. Jednou z možností, jak nahradit vazebné schopnosti bílkovin vajec jsou speciálně připravené směsi nativních i

modifikovaných škrobů, emulgátorů a proteinů rostlinného i živočišného původu. Příkladem může být vajahit, který je založený na směsi kukuřičné mouky, syrovátky a lecitinu. Další možnou směsí je hraška, která se skládá ze žlutého hrachu, kukuřice, jáhel a rýže jako bezlepkových obilovin [24].

Sůl, chlorid sodný, plní v sušenkovém těstě několik funkcí. Dodává chuť konečnému produktu a zvýrazňuje nebo zesiluje chuť dalších ingrediencí. Například zdůrazňuje sladkost cukru [15, 16]. Kromě toho má také nepatrný vliv na konzistenci tvrdých těst, protože zlepšuje tuhost lepku [15, 20]. V neposlední řadě se sůl podílí na řízení rychlosti a rozsahu fermentace a pomáhá při potlačování nežádoucích mikroorganismů [15, 18]. Její nejúčinnější koncentrace je kolem 1,0 – 1,5 % (vztaženo na hmotnost mouky), při dosažení 2,5 % a více je chuť výrobku už nepříjemná [25].

Kořením se podle Vyhlášky 398/2016 Sb. rozumí části rostlin, zejména kořeny, oddenky, kůra, listy, nať, květy, plody, semena nebo jejich části, které jsou v nezbytné míře technologicky zpracované [26]. Jeho úlohou je zlepšení organoleptické kvality sušenky prostřednictvím vůně a chuti. Mezi nejčastěji používané koření patří skořice, vanilka, muškátový květ, muškátový ořech, anýz, mák, hřebíček, zázvor a spousta dalších. Z celého tohoto výběru je nejběžnějším kořením vanilka. Vzhledem k vysoké ceně přírodní vanilky se obvykle využívá její syntetická náhrada [15]. Přidání vanilkového extraktu je spojeno s vyšší antioxidační aktivitou [16]. Jelikož jsou ale výše zmíněné druhy těkavé, může během pečení dojít k jejich částečné nebo až skoro úplné ztrátě [15].

2.5 Přídavné látky

Potravinářské přídavné látky se přidávají do potravin buď za účelem zvýšení trvanlivosti, snadnějšího zpracování nebo zlepšení sensorických vlastností [20]. Nejsou tedy obvykle určeny ke spotřebě jakožto potravina a ani nejsou obvykle používány jako charakteristické složky potravin, ať mají či nemají výživovou hodnotu [27]. Podle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 se přidávají různé přídavné látky, jako jsou emulgátory, antioxidanty, kypřící látky, barviva, látky zvýrazňující chuť a vůni a podobně [20, 28].

2.5.1 Emulgátory

Emulgátory, jinými slovy povrchově aktivní látky, jsou látky, které umožňují tvorbu emulzí. Po přidání emulgátorů do potraviny dochází k vytvoření rovnoměrné disperze dvou nebo více nemísitelných látek. Nemísitelné kapaliny jsou obvykle olej (tuk) a voda. Použitím malého množství emulgátoru v těstě se tuková fáze rozloží rovnoměrněji na hydrofilní složky, jako je mouka a cukr. Tuková fáze je tedy účinnější, má-li tendenci být spíše ve filmech nebo ve velmi malých kapičkách než ve tvaru kuličky [29]. Předpokládá se, že emulgátory modifikují chování tekutin a vytvářejí komplex se strukturou bílkovina-škrob, čímž se posiluje tukový film a během pečení se zpožďuje tuhnutí těsta [15, 20].

Kvůli zdravotním důvodům roste zájem o snížení tuku ve stravě, což mělo dopad i na vývoj sušenek se sníženým obsahem tuku, které by splňovaly vlastnosti podobné původním výrobkům [29]. Snížit obsahu tuku v receptu někdy až o 20 % je možné i tehdy, pokud se použijí vhodné emulgátory [16]. Aby se dostalo chtěného požadavku, musí se do základní směsi přidat více vody, kterou se získá vhodná konzistence těsta. Navíc voda zapříčiní větší hydrataci bílkovin mouky a tím i větší tvorbu lepkové sítě. To ovšem zase způsobí, že těsto a výsledná sušenka je tvrdší [29].

Burešová a kol. (2013) ve své publikaci uvádí nejčastěji používaný emulgátor lecitin (E 322), který se komerčně získává jako směs fosfolipidů ze sójových bobů a používá se v množství 0,5 % na hmotnost mouky [11, 30]. Další možností je glycerol monostearát (GMS), stearyl-2-laktylát sodný (E 481), nebo polysorbát 60 (E 435) [16, 20, 30]. Začlenění směsi povrchově aktivních látek do těsta ukazuje mnoho výhod. Zejména je patrná prodloužená doba a větší stabilita míchání, stálost organoleptických vlastností těsta, rovnoměrné rozložení tuku, zabránění migrace vlhkosti, zlepšení textury a v případě sušenek s vysokým obsahem tuku také snížení jejich vjemu mastného povrchu [15, 16].

2.5.2 Antioxidanty

Jelikož všechny tuky podléhají oxidačnímu nebo hydrolytickému žluknutí způsobující nepříjemné pachy a chutě, je zapotřebí přidat do receptury další složku [15]. V seznamu minoritních složek tedy najdeme antioxidanty, které právě zpomalují nástup a progresi těchto dějů [20, 29]. Jejich účinnost tkví v tom, že zabraňují tvorbě volných radikálů, které dále iniciují a propagují řetězovou reakci tzv. autooxidací [29].

Užitečnost antioxidantů může spočívat už v prodloužení doby trvanlivosti tuků před jejich použitím nebo v prodloužení doby trvanlivosti konečných produktů s nízkou vlhkostí [15, 29].

Mezi nejčastěji používané antioxidanty ve výrobě sušenek patří BHA – butylhydroxyanisol (E 320), BHT – butylhydroxytoluen (E 321), propylgallát (E 310) a TBHQ – terciální butylhydrochinon (E 319) [20, 29, 30]. Lze ale na trhu naléznout tuky či oleje, konkrétně tuky s obsahem kyseliny laurové, kokosové oleje a oleje z palmových jader, které jsou běžně používané pro výrobu sušenek a jsou velmi stabilní vůči oxidačnímu žluknutí, takže není ani potřeba přidávat antioxidanty [29].

2.5.3 Kypřící prostředky

Kypření je proces, při kterém ve zpracovávaném těstě vzniká kypřící plyn – CO₂ a vzduch, který se i po pečení v těstě zadržuje [11, 16]. Tohoto děje může být dosaženo různými metodami [15]. Pokud je nakypření nedostatečné, výrobek je tuhý a má nevyhovující chuť [11].

První metoda, která je považována za tradičnější proces, je uskutečněna biologickými prostředky prostřednictvím kvasinek. Existuje mnoho různých typů kvasinek, ale pro kynutí těsta se běžně používají kvasinky druhu *Saccharomyces cerevisiae*. Nejdůležitější schopností při výrobě těsta je právě produkce CO₂, což způsobí zvětšení objemu těsta a rozvíjení charakteristické chuti [18, 31].

Sušenky jsou však častěji kypřené chemickými prostředky. Je to hlavně z důvodu, že se sušenkové výrobky pečou v krátkém čase a potřebují rychle působící kypřidla, které uvolní plyn ještě před tím, než se vytvoří struktura sušenky [15]. Chemicky nakypřená těsta pak vytváří rovnoměrnou strukturu s drobnými silnostěnnými póry [9]. Běžně používanými kypřidly při výrobě sušenek jsou v odborné literatuře uváděny zejména hydrogenuhličitan sodný neboli jedlá soda (E 500) a hydrogenuhličitan amonný (E 503) [18, 20, 30]. U prvního zmíněného se po zahřátí uvolňuje oxid uhličitý, u druhého z nich je to obdobné, ale ke všemu vzniká také plynný amoniak, který se odpaří během pečení [15, 18]. Tato dvě kypřidla se obvykle využívají v poměru 1:1 [9].

2.5.4 Ostatní přídatné látky

V počátcích potravinářského průmyslu bylo k obohacení výrobků použito několik přírodních barev (karmín, šafrán, karamel). Jedna z variant, ač jsou méně stabilní vůči teplu, pH a

světlu, jsou rostlinné pigmenty (karotenoidy, xantofyly, antokyany), které se extrahují, zahušťují a mohou být použita jako „přírodní“ barviva do potravin [25].

Jeden z konzervantů využívaný při výrobě sušenek je disiričitan sodný (E 223) [16, 30]. Tato redukční látka je zdrojem oxidu siřičitého, který oslabuje elastické vlastnosti lepku, a tím snižuje pravděpodobnost smrštění těsta během pečení [16, 18]. Alternativou této látky může být buď L-cystein (E 920), který je ovšem dražší a k dosažení požadovaného efektu je třeba dodat 3 – 4x větší množství než při použití disiričitanu sodného, nebo enzymy ze skupiny proteáz [11, 16, 30].

2.6 Netradiční suroviny

Tradiční suroviny pro přípravu sušenek kvůli vysokému obsahu kalorií, vysokému obsahu nasyčených mastných kyselin a nízké výživové hodnotě nejsou z biologického hlediska hodnotné. Nerovnováha ve výživě a analýza chemického složení základních složek, zejména pšeničné mouky a tuku, podporuje vytváření nových výrobků s použitím netradičních surovin [32].

2.6.1 Sušené ovoce a ořechy

Použitím sušeného ovoce a ořechů lze v sušenkách dosáhnout značné rozmanitosti chuti, vzhledu a textury. Jelikož jsou sušenky většinou menší a tenké, musí být patřičné velikosti i ovoce a ořechy, obvykle rozřezané či sekané na malé kousky nebo bez úpravy, pokud jsou samy o sobě malé. Jak je všeobecně známo, ořechy i sušené ovoce jsou poměrně drahé suroviny. Pro větší atraktivitu je proto vhodné tyto suroviny zviditelnit tak, aby byly pro spotřebitele na první pohled patrné, například alespoň některé kousky nanést na povrch sušenek jako dekoraci [33]. Dále bude zmíněn jeden zástupce z každé skupiny, který byl i využit pro výrobu sušenek v praktické části.

Mandle jsou pro sušenky vysoce ceněny. Obsah tuku v mandlích je asi 55,8 %. Dále jsou bohaté na minerální prvky (konkrétně draslík, hořčík, fosfor, vápník), vitaminy (vitamin E cca 23,8 mg.100 g⁻¹, dále thiamin, riboflavin, niacin aj.), mononenasyčené MK (kyselinu olejovou), polynenasycené MK (kyselinu linolovou) a bílkoviny [34]. Mohou být použity jako kousky nebo plátky a obvykle jsou upraveny pražením. Hnědá slupka je hořké chuti. V případě jejího poškození se uvolňují enzymy, díky kterým mandle podléhají rychlé zkáze, proto je běžné jejich blanšírování. Tato technika uvolňuje slupku a následně dochází k jejímu

snadnému odstranění. Další využití mandlí je výroba cukrářské hmoty známé jako marcipán, kde jsou mleté mandle základní složkou [33].

Bobule černého rybízu našly v sušenkách přidanou hodnotu, protože je lze získat jako velmi kvalitní ovoce s velmi silnou vůní [33]. Toto ovoce je velmi bohatým zdrojem vitamínu C a betakarotenu, čímž se řadí mezi významné rostlinné antioxidanty přispívající k lepšímu zdravotnímu stavu [35]. Kvalita rybízu se vyznačuje masitými, čistými bobulemi rovnoměrné velikosti a modro-černé barvy [36]. Po sklizni se odstraňují nežádoucí části a poté se bobule pomocí sítí třídí dle velikosti na čtyři kategorie. K výrobě se využívá střední velikost bobulí [33].

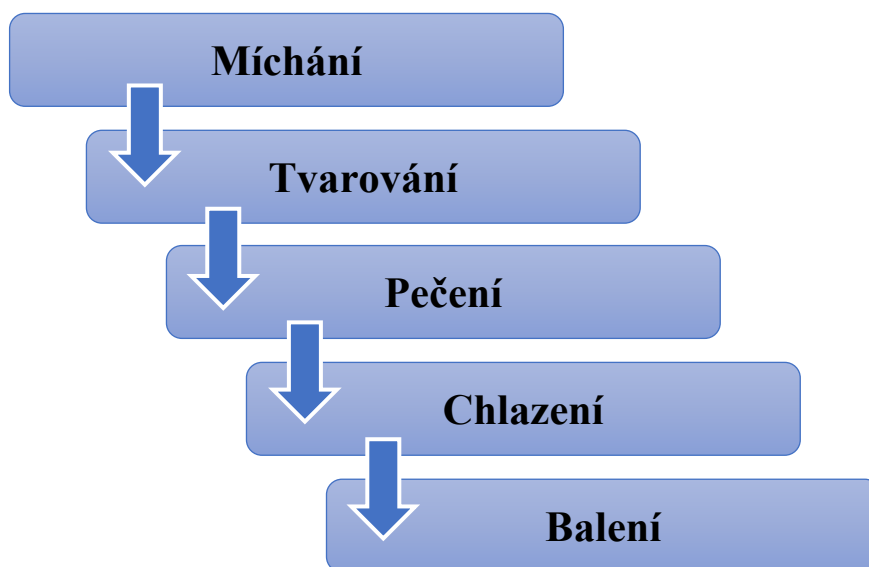
2.6.2 Jedlé květy

Jedlé květy se tradičně používají k lidské spotřebě v různých kulturách po mnoho let. Zlepšují vzhled, chuť a estetickou hodnotu jídla. Hodně studií taky prokázala, že mají antioxidační, zdravotní a další funkční vlastnosti. Tyto aspekty začínají spotřebitelé velmi oceňovat a s tím roste i trend prodeje čerstvých květů nejvyšší kvality po celém světě. Existuje celá řada jedovatých květů, proto je nezbytná jejich správná identifikace [37]. Obecně platí, že jedlé květy se konzumují celé, ale najdou se i druhy květů, u kterých se z důvodu nepřijatelných vlastností konzumuje pouze některá část, například okvětní lístky u růže [38]. Jedlé květy se nejčastěji konzumují čerstvé, ale u výroby sušenek se využívají hlavně v sušené formě nebo v podobě sirupů z květů vyrobených [37]. Druhy květů, které lze použít při výrobě či dekoraci sušenek jsou zejména macešky, fialky, růže, levandule a další [39].

Z nutričního hlediska lze květ rozdělit do tří hlavních složek, které mohou hrát roli v lidské výživě. Pyl je první z nich. Je velmi bohatý zdroj bílkovin, sacharidů, nasycených a nenasycených mastných kyselin, karotenoidů atd. Jeho chuť však obvykle není příliš příznivá nebo výrazná. Nektar je druhá složka. Jedná se obvykle o sladkou tekutinu, která obsahuje vyváženou směs cukrů (fruktózy, glukózy a sacharózy), aminokyselin (hlavně prolin), bílkovin, anorganických iontů, lipidů, organických kyselin, fenolických látek, alkaloidů, terpenoidů atd. Třetí skupina zahrnuje okvětní lístky a další části květů. Tyto složky mohou být také důležitým zdrojem výše uvedených sloučenin, jakož i vitamínů (žluté květy jsou obvykle velmi dobrým zdrojem betakarotenu, tedy prekurzoru vitamínu A), minerálních prvků, antioxidantů atd. [40].

3 TECHNOLOGIE VÝROBY SUŠENEK

Dnes se sušenky staly běžným produktem tovární výroby [41]. Výrobní proces sestává z míchání sypkých surovin, intenzivního míchání (hnětení), tvarování (formování), pečení, chlazení, plnění, slepování, zdobení, řazení a balení [9, 40]. Kroky míchání a pečení jsou obdobné pro výrobu všech typů sušenek. Tvarování je pak pro výrobky charakteristické [42]. V této kapitole budou stručně popsány technologické operace použité k výrobě, které jsou uvedeny níže na obrázku 4, a poté samotná výroba jednotlivých typů těst, respektive sušenek.



Obrázek 4: Obecné schéma výroby sušenek

Vážení složek se provádí před zahájením míchání podle složení a s ohledem na velikosti šarže. Složky, jako je mouka a cukr, jsou dopravovány pomocí vzduchových dopravníků, zatímco voda a tuk mohou být čerpány do míchačky. Drobné přísady se obvykle smíchají s vodou a potom se přidají do násypky pro míchání. Složky, jako je sušené odstředěné mléko, mají tendenci tvořit hrudky, takže je třeba dodržovat správný sled přidávání přísad [20].

3.1 Míchání

Prvním krokem výroby sušenek je smíchání samostatných složek do jednotné, homogenní směsi, tedy smíchání přísad použitých v receptu k vytvoření těsta [16, 42]. V případě sušenek to znamená hlavně rozptýlení a rozpuštění pevné složky do kapalného média, jako je tuk nebo voda, hnětení, provzdušňování hmoty za účelem dosažení nižší hustoty a vývoje samotného těsta [20, 41]. Kvalita těsta je určena danou recepturou, povahou použitých ingrediencí, podmínkami míchání, dobou odpočinku a teplotou těsta [16, 43]. Výsledkem je hmota mající vlastnosti tvarovatelnosti, které jsou společně známé pod pojmem konzistence [43]. Konzistence těsta hraje důležitou roli v dalších stupních výroby. Míchání je tedy jednou z kritických operací [16]. Doba míchání se obvykle pohybuje od 15 do 25 minut [20]. Mísení těsta se provádí ve speciálních hnětacích strojích, které se mohou dělit na vsádkové a kontinuální [9, 20].

Jedním z dílčích úkonů míchání je hnětení, které navazuje hned po smísení ingrediencí a přispívá k vývoji těsta. Jedná se o intenzivní míchání, při kterém vzniká trojrozměrná viskoelastická síť odborně označovaná jako lepek. Vytvoření lepkové struktury se děje po smíchání vody s moukou, kdy dojde k hydrataci a nabobtnání lepkových bílkovin, za současného hnětení [11, 43]. Hydratace mouky není příliš rychlá a při nízkých teplotách je pomalejší. To není nijak zvlášť urychleno mícháním [43]. Je třeba si však uvědomit, že během hnětení mechanická energie hnětače přechází na těsto a teplota těsta průběžně roste. Ke zvýšení teploty dále také přispívá vzájemné tření mezi částicemi těsta. Pokud teplota těsta vzroste nad 45 °C, dojde ke změně základní struktury a zhoršení stability těsta [11].

Ve finální fázi míchání je někdy nutné rozptýlit větší kusy ingrediencí, například čokoládové kousky nebo sušené ovoce. Tento proces v ideálním případě vyžaduje rychlé míchání s minimálním hnětením, jinak by se mohla složka poškodit. To je ale obzvláště obtížné dosáhnout pomocí mixéru, který je navržen pro vývoj těsta. Obvykle se tedy pro tuto akci využívají šikmé nože [43].

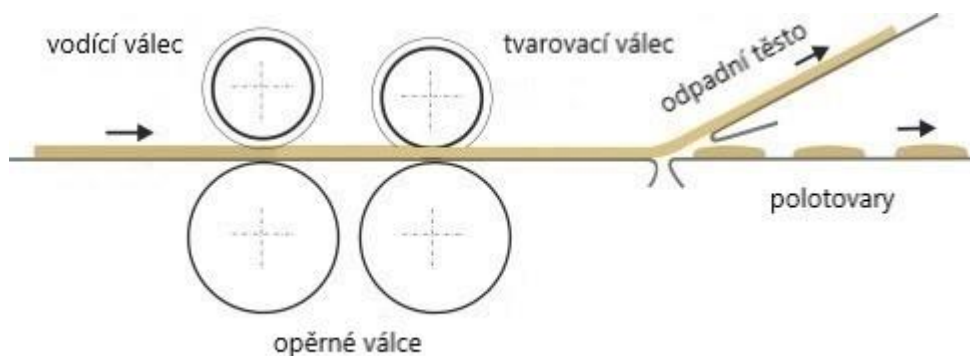
3.2 Tvarování

Před zahájením procesu tvarování může těsto po určitou dobu odpočívat, aby byla umožněna fermentace nebo vývoj lepku. Těsto se obvykle pomocí vyklápěcího zařízení nebo ručně z vozíku přivádí do zásobníku [20]. K tvarování těsta se používají čtyři základní způsoby a

těmi jsou vypichování, lisování, vytlačování a stříkání [9]. Pro každou z těchto metod je reologie těsta jiná a je navržena tak, aby byla slučitelná s procesem [41].

3.2.1 Vypichování

Na počátku tohoto způsobu se těsto nejprve tvaruje průchodem válcovou stolicí tvořenou třemi válci ve tvaru trojúhelníku, které se otáčejí proti sobě, a rozvalují těsto na plát o požadované tloušťce (4 – 5 mm) [11, 20]. Následovat může laminování těsta, které se využívá kvůli nápravě děr a nedokonalostem těsta. Těsto bývá do zásobníku rozvalovacího zařízení dodáváno rovnoměrně, čímž se získá plát těsta o požadované kvalitě se spojitým a hladkým povrchem [11].



Obrázek 5: Schéma vypichování sušenek

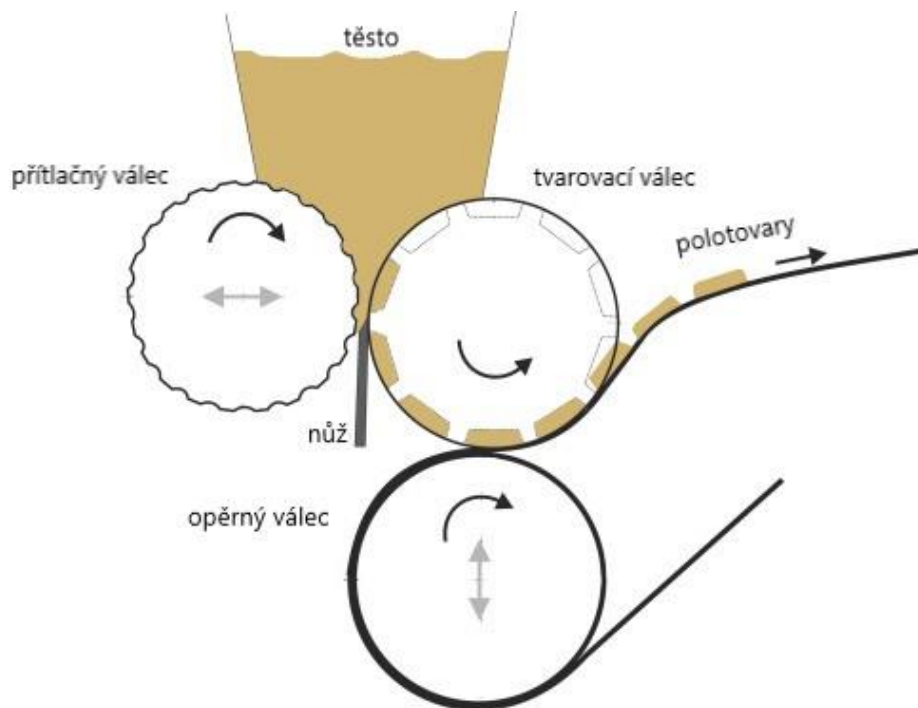
[44]

Výhoda vypichování je ta, že k přeměně těsta na polotovary připravené k pečení je zapotřebí pouze jeden relativně jednoduchý stroj (obrázek 5) [16]. Tlak každého válce musí být přesně nastaven tak, aby byl zajištěn jasný tisk designu sušenky a čistý řez kusů těsta [44]. Protisměrným pohybem vodícího a opěrného válce se plát těsta přivádí k tvarovacímu válci. Těsto se vypichuje prohlubněmi na povrchu tvarovacího válce a vytvarované polotovary vypadávají z prohlubně na pás. Zbylé odpadní těsto z tvarovacího zařízení se vrací zpět do hnětače, kde se opět použije pro přípravu dalšího těsta [11].

3.2.2 Lisování

Lisování je dalším a velmi často používaným způsobem pro tvarování sušenek. Oproti předchozí metodě má lisování jednu výhodu – nevytváří žádné odpadní těsto [42]. Tato technologie je vhodná jen pro málo tažné těsto tužší konzistence, v opačném případě by měla vyrobená sušenka neúplný tvar, protože by se těsto táhlo a nebylo by možné vytvořit

očekávaný produkt [11]. Obvykle se těsto zpracovává brzy po míchání [45]. Je možné vyrobit celou řadu tvarů, vzorů a velikostí produktu [46]. Lisování probíhá na tvarovacím zařízení známém jako lis. Princip lisování je znázorněn na obrázku 6.



Obrázek 6: Schéma lisování sušenek

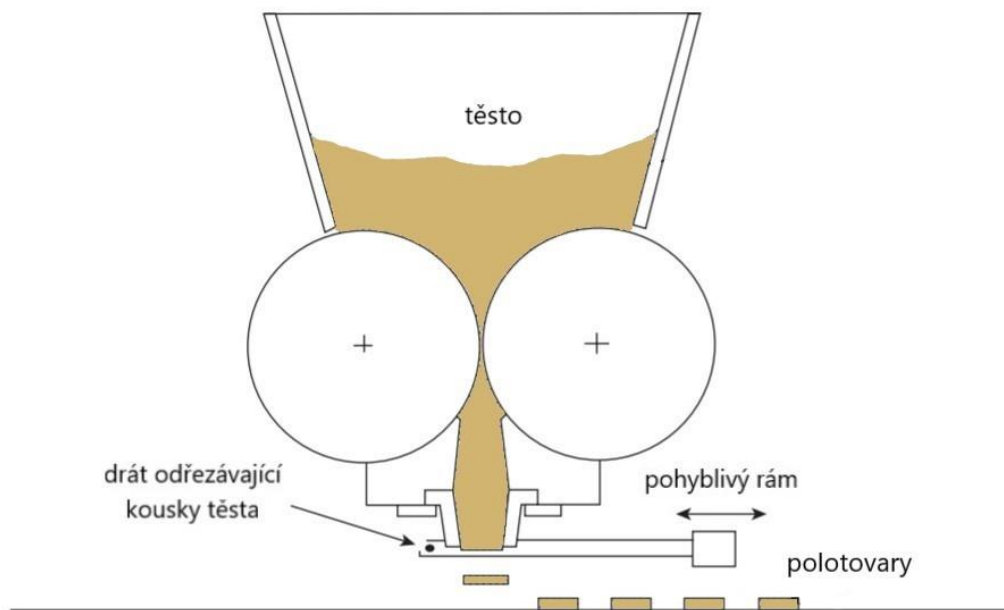
[46]

Lisovací zařízení je relativně jednoduché konstrukce. Pod zásobníkem na těsto jsou umístěny tři válce. Přítlačný válec má hluboké drážky, které zachycují těsto ze zásobníku a tlačí ho do dutin ve tvarovacím válci [42]. Přítlačný válec může, ale nemusí být nastavitelný v různých horizontálních polohách. Vnitřní povrch dutin tvarovacího válce nese negativní otisk tvaru sušenky. Povrch válce musí být z nepřilnavého materiálu, aby nedocházelo k deformaci tvaru sušenky [11, 47]. Pod těmito válci je umístěn nůž, kterým se odkrajuje na úrovni forem lisu těsto, a poté vytvarované kusy padají na dopravníkový pás mířící do pece. Nastavení nože škrabky určuje výslednou šířku sušenky [11]. Pod tvarovacím válcem se nachází opěrný válec, který slouží k pohonu pásu [42].

Lis určený na zpracování měkčího těsta je založený na podobném principu, ale upraven podle potřeb a požadavků, které vyžadují tento typ sušenek.

3.2.3 Vytlačování

Vytlačování je jedním z nejjednodušších způsobů výroby sušenek [20]. Tato technologie je vhodnější pro řidší těsta, které obsahují kousky čokolády, ořechy nebo jiné přísady. Umožňuje vytvářet výrobky s dvojitou texturou, více barvami a chutěmi [11].



Obrázek 7: Schéma vytlačování sušenek

[11]

Většina zařízení určených na vytlačování se skládá ze zásobníku na těsto umístěným nad sadou dvou válců, které tlačí těsto do tvarovacího úseku [20]. Těsto je posouváno na pohyblivý rám, kde se protlačuje přes matrici požadovaného tvaru a rozměru. Následně je drátem odřezáno na požadovanou výšku a padá na pás. Drát je umístěn přibližně 70 mm nad dopravníkovým pásem [11]. Tato vzdálenost však může být upravena podle specifických požadavků na produkt. Provozní rychlost řezacího drátu může být až 300 kusů za minutu s minimálním plýtváním těsta (1 – 2 %) [20]. Princip vytlačování je znázorněn na obrázku 7.

Řezání je dalším způsobem tvarování. Zásadně se neliší od výše zmíněné technologie. Řezání je vlastně možné označit jako jednu z forem vytlačování. V obou případech je tedy těsto tvarováno protlačováním přes otvory. Obecně se tato metoda využívá pro tužší těsta s konzistencí podobnou těstům zpracovávaným lisováním [11]. Velkou výhodou řezání je možnost tvarování lepivého těsta a těsta obsahujícího hrubé částice, jako jsou ořechy, vločky nebo čokoládové lupínky, které nelze zpracovat lisováním [20].

Zásobník na těsto může být příčně rozdělen, což umožňuje vytlačovat současně dva, nebo více druhů těsta, respektive současné vytlačování těsta a plniva sušenky. Poté se naplněná sušenka krájí noži nebo speciálními rotujícími disky na požadovanou délku, a to buď před, nebo po pečení výrobku [11].

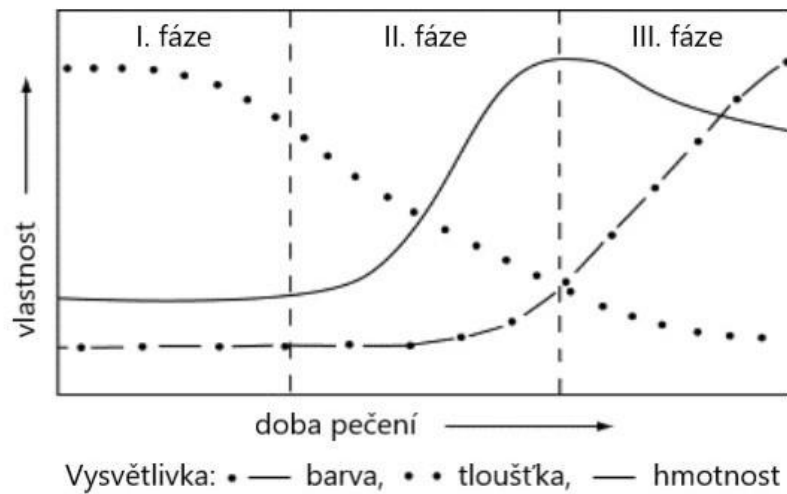
3.2.4 Stříkání

Technologie stříkání se využívá zejména pro měkké, hladké nebo téměř tekuté těsto. Zařízení je obdobné konstrukce jako u vytlačování, akorát drát pod válci je nahrazen několika tryskami, které mají tvar kužele s tvarovanými konci [11]. Tvar sušenek se dosahuje pohybem trysek, kdy se těsto pod tlakem vystřikuje ve stejnoměrných dávkách na dopravníkový pás [9, 11]. Díky nastavení různého času a pohybu trysek je možné těsto tvarovat do rozmanitých tvarů. Současně s další tryskou se může aplikovat na sušenky džem, želé, nebo i další těsto [11].

3.3 Pečení

Pečení je nejdůležitějším výrobním krokem. Kvalita konečného produktu a doba trvanlivosti závisí na účinnosti pece [20]. Sušenky se téměř výhradně pečou v tunelové peci, kterou nepřetržitě projíždí dopravníkový pás [15, 41]. Pece se liší jak délkou (od 30 do 150 m), tak šířkou pásu (od 1,0 do 1,5 m) [20, 41]. Pečicí linka je obvykle rozdělena do dvou až sedmi zón lišící se různými teplotními a vzduchovými profily [16, 20]. Každá zóna je vybavena vlastní sadou ovládacích prvků, kterou se tedy řídí samotné pečení [15, 41]. Rychlost pásu a teploty zpravidla určují celkovou dobu pečení. Doba pečení závisí na produktu, zpravidla se ale pohybuje od 3 do 12 minut. Nejkratší doba pečení je obvykle pro sušenky z tvrdého těsta a nejdelší pro sušenky z těsta měkkého. Použitá teplota také závisí na konkrétním produktu, obvykle se udává rozmezí od 140 do 240 °C podle aktuální zóny [20].

Těsto během pečení prochází několika změnami (obrázek 8) [15]. Těmi nejdůležitějšími jsou objemová expanze, odpařování vody a tvorba porézní struktury, denaturace proteinů, želatinace škrobu, tvorba kůry, vývoj žádoucí chuti a zhnědnutí [16].



Obrázek 8: Fyzikální změny během pečení

[15]

Pečení se rozděluje do tří fází. První zahrnuje expanzi těsta a počátek ztráty vlhkosti. Expanze a ztráta vody dosahuje vrcholu během druhé fáze, kde také dochází k vývoji barvy. V poslední fázi pečení se sušenky zbarvují do zlatohnědé barvy, ztenčují svůj objem a odpařují zbylou část vody na konečných 1 – 5 % [15].

3.4 Chlazení

Čerstvě upečené výrobky opouštějící pec musí být před zabalením nebo druhotným zpracováním chlazeny. Výrobek má teplotu přibližně 100 °C [20]. Chladicí dopravníky jsou v průměru dvakrát tak dlouhé jako pečicí linka [16]. Obvykle se produkt chladí na 40 – 45 °C [20]. Výrobky, které vyžadují sekundární zpracování, jako je slepování, potahování nebo jiné zdobení, jsou chlazeny na 18 – 26 °C [9, 20]. Obvykle se chladí v okolní tovární atmosféře, ačkoli v několika případech pro usnadnění procesu je nutné zajistit nucené chlazení vzduchem [42].

Chlazení je důležité z mnoha důvodů. Teplé sušenky, nemusí být dostatečně pevné, aby vydržely proces balení, také obalový materiál se může smrštít kolem teplého produktu, v neposlední řadě se může zhoršit kvalita produktu v důsledku kondenzace vodní páry uvnitř baleného produktu [20, 41]. Sušenky opouštějící chladicí dopravník vstupují do balicí zóny [16].

3.5 Balení

Sušenky jdou z chladicího dopravníku do dalšího zařízení, které se používá k rozdělení a uspořádání sušenek tak, aby byl proces balení co nejsnadnější. Balení hraje zásadní roli při udržování kvality těchto produktů [16]. Sušenky jsou vysoce hygroskopické povahy a mají tendenci získávat vlhkost z atmosféry. Vyžadují okamžitou ochranu, aby nedošlo k jejich znehodnocení. Celkové balení sušenek zahrnuje primární, sekundární a terciární balení, které mají různé funkce a požadavky. Primárním obalem jsou obvykle lamináty vyrobené z polypropylenu, papírů potažených plastem a jiných krabic. Druhotným (skupinovým) balením je myšleno velkoobjemové balení, které slouží k seskupení výrobků. Terciární obal pak usnadňuje manipulaci se skupinovým balením, většinou umístěných na paletách aj. [20]. Existuje celá řada flexibilních obalových materiálů jejichž hlavní výhody jsou funkčnost, nižší náklady, potisknutelnost, nízká hmotnost, úspory při přepravě a další [16].

3.6 Rozdílnosti v technologii výroby u jednotlivých typů sušenek

Rozdíly mezi výrobky mohou být způsobeny složením, úrovní využití tuku a cukru, metodou tvarování těsta a texturními vlastnostmi samotných produktů [20].

3.6.1 Sušenky z tvrdého těsta

Těsta připravovaná pro sušenky tohoto typu se zpravidla skládají z pšeničné mouky, vody, tuku a cukru. Ostatní složky se přidávají v malém množství [11]. Nejdůležitější ingrediencí u tvrdých těst je však mouka, mající vliv na viskoelastické vlastnosti [6, 11]. Obsah bílkovin v mouce by měl být do 10 %. Obvykle se smíchají všechny ingredience najednou. Existuje také alternativní postup, který je založený na vytvoření emulze z vody, cukru a zkapalněného tuku. Až po rozpuštění cukru se přidají zbývající složky [11].

Během hnětení se těsto zahřívá na 40 °C a veškerý cukr se pomalu rozpouští. K rozpouštění přispívá i vyšší obsah vody [8]. Doba hnětení bývá vzhledem k požadovanému vývoji lepku asi 30 minut [42]. Výsledná lepková struktura by měla být tažná a méně pevná [11].

Tvrdá těsta jsou obvykle tvarována metodou vypichování nebo lisování. Tomuto kroku předchází rozvalování těsta průchodem přes rozvalovací válce na pás o požadované tloušťce [11, 15]. Také se velmi často zařazuje proces laminování neboli vrstvení, kdy vznikne plát těsta tvořený z několika tenkých vrstev [6]. Mezi tvarováním a pečením dochází ke zkrácení

tvaru sušenky, což je způsobeno elastickou vlastností lepku a je třeba s tím při tvarování těsta počítat [11, 15].

Sušenky během pečení prochází pásovou pecí o třech různých teplotních režimech (160 °C, 200 °C a 180 °C). Doba pečení je v rozmezí 5,0 – 6,5 minutami. Na počátku tohoto procesu se pec zaparuje, na povrchu sušenky se vytvoří tenký film vody, díky čemuž se získá základ pro lesklý povrch sušenky [11]. Pečení vyžaduje velký přísun energie, aby se výsledná vlhkost pohybovala okolo 2 % [6].

3.6.2 Sušenky z krátkého těsta

Krátká těsta mají vyšší obsah tuku a cukru než těsta tvrdá [7]. Receptura je podobná té předchozí, navíc se vždy přidává ještě sůl a vzhledem k obsahu tuku také antioxidant. Nejčastější způsob přípravy těsta je několikaminutové míchání složek (tuk, cukr, voda, mléko, vejce atd.) v hnětači a vytvoření emulze, respektive polotuhé krémovité hmoty [5]. Následně se přidá mouka a hněte se asi minutu do dosažení homogenní dispergace mouky, ale je potlačen vývoj lepkové sítě [7, 11]. Teplota těsta během míchání by se měla pohybovat přibližně kolem 18 – 20 °C [8]. Zvýšená hladina tuku snižuje roztažitelnost těsta, což způsobuje, že se tento druh sušenek snadno rozpadává [7]. Těsto je velmi málo pružné, a proto nedochází k jeho smršťování [11].

Tvarování krátkého těsta může probíhat různými metodami. Nejčastěji se používá lisování, vytlačování a řezání. Lisování je nejjednodušší možnost tvarování, a proto se výrobky této kategorie vyrábějí velmi často [6]. Poté se můžou vytvarované sušenky popisovat roztokem karamelu nebo jedlým inkoustem. Pro kvalitní provedení je důležitý hladký povrch těsta [11].

Doba pečení výrobků tohoto typu je na úkor složení relativně krátká, závisí na množství tuku či cukru, na tloušťce vytvarovaného plátu těsta a pohybuje se mezi 5 až 25 minutami [8, 11]. Je tedy zapotřebí poměrně pomalé pečení při spíše nižších teplotách. V první části procesu pečení dostatečná vlhkost umožňuje vytvoření struktury sušenek a kvůli ostatním složkám nabývání na objemu [6]. Po upečení dojde k prudkému uvolnění vodní páry z výrobku a tvar sušenky se zborstí. Je třeba si uvědomit, že v čerstvě upečených sušenkách je roztavený cukr, proto jsou sušenky měkké a při odstraňování z pečicího pásu by mohlo dojít k deformaci jejich tvaru. Dalším nezbytným krokem je proto chlazení a poté ostatní manipulace [11].

3.6.3 Sušenky z měkkého těsta

Od ostatních skupin se liší tím, že mají v receptuře nejvyšší obsah tuku a cukru, což způsobí ještě jemnější konzistenci těsta [6]. Dá se říct, že měkká těsta jsou svým způsobem podskupinou těst krátkých, proto i postup přípravy těsta je velmi podobný [7]. Teplota těsta pro dosažení optimálních viskoelastických vlastností by měla být asi 10 – 21 °C, v nejlepším případě 10 – 16 °C [8, 11]. To bývá uskutečňováno chlazením mouky, sušeného mléka nebo vody před samotným hnětením [11]. Doba hnětení se pohybuje okolo 5 minut [42].

Obvykle se měkká těsta tvarují formou vytlačování nebo stříkání [11]. Jiné zdroje uvádí i metodu lisování. Kousky těsta vytvořené z měkkých těst mají tendenci udržovat si svůj tvar až do procesu pečení [15].

U sušenek s vysokým obsahem tuku a cukru je také zapotřebí dlouhá doba pečení s relativně nízkými teplotami [6]. Doba pečení se odhaduje zhruba na 12 minut [8]. Odebírání hotových výrobků z pečicích pásů musí být kvůli jemné a křehké textuře zvlášť opatrné, aby nedošlo k poškození tvaru sušenky. Sušenky mívají nepravidelný tvar a bývají často vyšší, což znemožňuje mechanickou manipulaci a automatické balení. V provozu bývá proto běžné, že se jednotlivé sušenky ručně předávají na dopravníky a dávají do konečných spotřebitelských obalů [11].

4 BEZLEPKOVÉ SUŠENKY

Obiloviny jsou základní suroviny, které jsou využívány po celém světě pro širokou škálu výrobků. Obiloviny a výrobky z nich poskytují lidem velké množství energie a živin [48]. Již několikrát zmíněné sušenky jsou na světě jedním z nejvíce spotřebovávaným druhem pečiva. Lze je vyrábět jak ze surovin obsahujících lepek, tak ze surovin přirozeně bezlepkových. Druh použitých surovin však do značné míry ovlivňuje vlastnosti konečného produktu a jeho nutriční hodnotu [49]. Proto je důležité najít vhodné alternativy bezlepkových výrobků, aby bylo možné pokrýt potřeby celiaků v oblasti nutrientů [48]. Valitutti a kol. (2017), který ve své studii zkoumal spotřebu obilovin u celiaků, poukázal na to, že sušenky se zdají být jejich důležitou součástí stravy [50].

4.1 Celiakie

Celiakie je celoživotní autoimunitní onemocnění vyvolané nesnášenlivostí lepku, který je obsažený zejména v pšenici, ječmeni, žitu nebo v některých kultivarech ovsa a dalších úzce příbuzných obilných zrn [16, 51, 52]. U lidí s touto diagnózou dochází působením lepku, zejména prolaminovou frakcí, k rozvoji autoimunitního zánětu sliznice tenkého střeva, který zapříčiňuje destrukci slizničních klků a mikroklků. Důsledkem toho se zmenšuje povrch tenkého střeva, čímž se snižuje schopnost trávení a vstřebávání živin. Právě kvůli poruše vstřebávání živin může u nemocného postupně dojít až k rozvratu metabolismu [51].

Celiakie postihuje přibližně 1 % lidí na světě a přísná BLP (bezlepková) strava po celý život je jedinou dostupnou léčbou. Je známo, že bezlepkové výrobky dostupné na trhu mají obvykle nízkou nutriční hodnotu [52]. Při BLP dietě je vhodné se zaměřit na potraviny, kde se přirozeně lepek nevyskytuje (BLP obiloviny – rýže, kukuřice, proso (jáhly), teff; pseudocereálie - pohanka, amarant, quinoa; ovoce, zelenina, luštěniny, ořechy, semena, maso, mléčné výrobky a mnoho dalších). Kromě těchto potravin se používají i speciálně připravené potraviny, polotovary či jen suroviny, které nahrazují běžné potraviny obsahující lepek. Patří zde moučné směsi, chléb, pečivo, těstoviny, sušenky a další [48, 51].

4.2 Legislativa o bezlepkových výrobcích

Osoby trpící nesnášenlivostí lepku mohou snášet různě malá množství lepku. Prováděcí nařízení Komise (EU) č. 828/2014 o požadavcích na poskytování informací o nepřítomnosti či sníženém obsahu lepku v potravinách spotřebitelům definuje „lepek“ jako bílkovinnou frakci z pšenice, žita, ječmene, ovsa nebo jejich kříženců a derivátů, která je nerozpustná ve vodě a 0,5 M roztoku chloridu sodného [53].

Tvrzení „potravin s velmi nízkým obsahem lepku“ lze použít u potravin, které v receptuře obsahují výše zmíněné složky, ve kterých byl speciálním zpracováním snížen obsah lepku a tento obsah nesmí být vyšší než 100 mg.kg^{-1} v potravině ve stavu, v němž je prodávána konečnému spotřebiteli. Tvrzení „bez lepku“ lze použít, pokud potraviny ve stavu, v němž je prodávána konečnému spotřebiteli, neobsahují více než 20 mg.kg^{-1} lepku [11, 53].

Doporučený maximální denní příjem lepku pro celiaky je uváděn 10 – 50 mg. Za bezpečnou hodnotu se považuje 20 mg lepku za den. Nedoporučuje se však dlouhodobě překračovat hodnotu 50 mg lepku denně [51].

4.3 Bezlepkové mouky

Lepek je základní heteroproteinový komplex v mouce, který je odpovědný za elastické vlastnosti těsta, což přispívá ke vzhledu a struktuře mnoha pečených výrobků [54]. Příprava bezlepkových pekárenských výrobků, respektive sušenek vyžaduje použití různých druhů mouk výměnou za pšeničnou mouku, takže výsledná chuť se velmi často nepadobá chuti klasických lepkových výrobků. Jedna z úloh potravinářských technologů je navrhnout takové recepty na produkty bez lepku, které by zlepšily jejich atraktivitu, strukturu, chuť a pomohly lidem s celiakií plnit nutriční potřeby, které znamenají každodenní spotřebu bílkovin, vlákniny, minerálních prvků a dalších důležitých složek potravin [55]. Klíčem k úspěchu výroby BLP sušenek je to, že na rozdíl od chleba musí být lepková síť vyvinutá jen mírně, aby těsto zůstalo soudržné a nebylo příliš pružné [16, 56]. Existuje proto možnost vyrábět BLP sušenky vyrobené z bezlepkové mouky [56]. Níže budou blíže charakterizovány dva zdroje mouky, které byly použity při výrobě sušenek v praktické části.

4.3.1 Rýžová mouka

Rýže, získaná z rostliny *Oryza sativa* L., je po pšenici druhou nejdůležitější potravinářskou plodinou na světě [57]. Rýžová mouka se při výrobě BLP sušenek používá ve velké míře, velká produkce je zejména v Japonsku [48, 57].

More a kol. (2013) hovoří o tom, že bezlepkové sušenky z rýžové mouky jsou prospěšnější než sušenky z pšeničné mouky v tom smyslu, že BLP sušenky jsou nízkokalorické, mají nízký obsah tuku, cholesterolu, poměrně vysoký obsah vlákniny a zřídka způsobují alergickou reakci ve srovnání se sušenkami vyráběnými z pšeničné mouky [58]. Rýžová mouka na 100 g jedlého podílu, podle České databáze složení potravin, obsahuje 7,5 g bílkovin, 1,5 g tuku, 78,7 g sacharidů a 0,5 g vlákniny [59]. Samotná chuť rýžové mouky je velmi nevýrazná [57].

4.3.2 Konopná mouka

Další nadějí u BLP sušenek je použití semen konopí pomletých na mouku (nejedná se tedy o mlýnsky zpracovanou obilovinu, ani pseudoobilovinu). Konopná mouka je netradiční rostlinná surovina bez lepku [60]. Konopná mouka může být do sušenek přidána hlavně ke zlepšení jejich nutriční kvality [48]. Semena konopí obsahují asi 20 – 25 % bílkovin s biologickou hodnotou blížící se vaječnému bílku, 25 – 35 % tuků, složených z velké části z polynenasycených mastných kyselin (PUFA), jakož i značné množství minerálních prvků a vlákniny. Mouka z konopí je také bohatým zdrojem bioaktivních látek ze skupiny polyfenolů, které mají spousta vlastností přínosných pro prevenci zdraví – kardioprotektivní, protirakovinné, antialergenní aj.) [49].

Di Cairano a kol. (2018) ve své rešerši uvádí, že ačkoliv „jde“ konopná mouka do popředí, tak nahrazení 100 % pšeničné mouky konopnou moukou vede ke značnému poklesu oblíbenosti hotových produktů. To naznačuje, že není možné vyrábět sušenky výhradně z konopné mouky, ale lze ji použít v kombinaci s jinými surovinami [48].

4.3.3 Ostatní mouky

Mezi další mouky, které lze použít u výroby bezlepkových sušenek patří dýňová, kaštanová, ostropestřcová, amarantová, čiroková, kukuřičná, jáhlová, pohanková, sójová a mnoho dalších. Za zmínku stojí pohanková mouka, která se vyznačuje jedinečnou koncentrací fotochemikálií zejména rutinu, a která si po tepelném ošetření dokáže udržet svou antioxidační aktivitu [48]. Amarantová mouka může být přínosem pro celiaky díky

svému nutričnímu složení, protože obsah bílkovin je mezi 13 – 18 % a jeho složení aminokyselin (methionin, cystein, lysin) je téměř optimální pro lidskou spotřebu [16, 48]. Čiroková mouka je stále častější v BLP pečivu hlavně proto, že má podobné výživové vlastnosti jako pšenice, má světlou barvu a má příjemnou, jemnou chuť [16].

4.4 Výroba bezlepkových sušenek

Výroba všech běžných, myšleno lepkových, produktů se nejčastěji provádí ve velkých automatizovaných pekárnách, které vyrábějí, připravují k balení a balí mnoho tisíc kusů za hodinu [45]. Výrobní podmínky, aby nedošlo ke křížové kontaminaci, musí být však extrémně přísné, takže výroba bezlepkových sušenek je omezena na specializované výrobce, kteří používají obvykle menší verze stejného zpracovatelského zařízení a stejného postupu.

Konzistence, a tedy i struktura většiny sušenek, souvisí s kynutím během pečení, kdy v tomto procesu hraje hlavní roli lepek, proto je nemožné vyrobit sušenky z tvrdého těsta bez lepku [61]. Jediná možnost, jak vyrobit bezlepkové sušenky, je z krátkého těsta, kde vyšší množství tuku a cukru potlačuje význam obsahu a kvalitu lepkových bílkovin mouky [11, 61]. U BLP pečiva však neexistuje jediná bezlepková mouka, která by byla přímou náhražkou pšeničné mouky. Z experimentu, kterým se zabýval Man a kol. (2014) bylo patrné, že bezlepkové sušenky lze vyrobit smícháním různých BLP mouk, jako jsou například rýžová, kukuřičná a sójová mouka. Směs sestávající z poměru kukuřičné:rýžové:sójové (3:3:4), která byla použita pro přípravu bezlepkových sušenek, nepříznivě neovlivnila fyzikální, ani senzorickou charakteristiku sušenek. Navíc přidání sójové mouky do 40 % vede k sušenkám s dobrými výživovými vlastnostmi [62]. Kromě různých BLP mouk se dále taky přidávají další suroviny či přísady, které se používají pro zlepšení kvality těchto potravin [48]. Obvykle jsou to směsi hydrokoloidů (pektin, guarová guma, xantanová guma, hydroxypropylmethylcelulóza, karboxymethylcelulóza), proteinů, škrobů nebo specifických enzymů [11, 63]. Tyto složky však mohou také ovlivnit strukturu, barvu a chuť. Je třeba tedy zkoumat komplexní škálu přísad, aby se našly způsoby, jak zachovat všechny charakteristické vlastnosti chuti nebo textury, a také účinně zvýšit obsah bílkovin, vlákniny a minerálních látek v BLP výrobcích [63].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 CÍL PRÁCE

Cílem teoretické části bylo vyrobit sušenky s lepkem, i bezlepkové s netradiční surovinovou skladbou a stanovit jejich základní nutriční hodnoty. Výroba bezlepkových sušenek obohacených o další suroviny byla cílena na spotřebitele, kteří trpí celiakií.

Jednotlivé dílčí cíle experimentální části diplomové práce zahrnovaly přípravu těsta podle předem zadané receptury, dále samotné pečení sušenek s netradičními surovinami, jako bylo sušené ovoce, mandle či jedlé květy. Následně další úkolem bylo stanovení vybraných jakostních znaků, tj. obsahu vlhkosti, popela, hrubé bílkoviny, škrobu, lipidů, hrubé a neutrálně-detergentní vlákniny, také stravitelnosti v sušině a v organické hmotě vzorku. Naměřená data byla statisticky vyhodnocena.

6 METODIKA PRÁCE

6.1 Použité chemikálie, pomůcky a přístrojové vybavení

6.1.1 Chemikálie

- ❖ Aceton (dodavatel: Mikrochem spol. s.r.o.)
- ❖ Carrez I. (30 hmot. % ZnSO_4)
- ❖ Carrez II. (15 hmot. % $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$)
- ❖ Fosfátový pufr o $\text{pH} = 7,45$ (roztok $\text{KH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$; dodavatel: Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod)
- ❖ H_2O_2 30% (dodavatel: Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod)
- ❖ H_2SO_4 (dodavatel: Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod)
- ❖ H_3BO_3
- ❖ HCl 37% p.a. (dodavatel: Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod)
- ❖ Hexan
- ❖ Indikátor Tashiro
- ❖ Katalyzátor v poměru 1:10 ($\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; dodavatel: Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod)
- ❖ NaOH 30 hmot. %
- ❖ Neutrálně-detergentní roztok (laurylsulfát sodný): neutrálně-detergentní činidlo s přídavkem siřičitanu sodného a α -amylázy (dodavatel: Ankom Technology, USA)
- ❖ Pankreatin – z vepřové slinivky (výrobce: Merck KGaA, Germany)
- ❖ Pepsin – z vepřové žaludeční sliznice (výrobce: Merck KGaA, Germany)
- ❖ Roztok neutrálně-detergentního činidla (činidlo + trietylglykol)

6.1.2 Použité pomůcky a přístrojové vybavení

- ❖ Analytická váha (KERN AES)
- ❖ Ankom Fiber Analyzer 220
- ❖ Destilační zařízení Behr S2

- ❖ Digestoř
- ❖ Elektrická muflová pec Veb Elektro Bad Franken Hausen
- ❖ Exsikátor
- ❖ Extrakční patrony, extrakční baňky, vata
- ❖ Extraktor Soxtherm Gerhardt
- ❖ Filtrační sáčky F 57 Ankom Technology
- ❖ Hliníkové misky
- ❖ Inkubační láhev
- ❖ Inkubátor Daisy II
- ❖ Laboratorní sklo a další běžné laboratorní pomůcky
- ❖ Laboratorní sušárna (Brněnská Medicínská technika a.s., MMM-Group)
- ❖ Magnetická míchačka
- ❖ Mikropipety s nastavitelným objemem
- ❖ Mineralizátor Bloc Digest 12
- ❖ Mixér Braun
- ❖ Polarimetr P3001 RS
- ❖ Porcelánové kelímky
- ❖ Předvážky ABC plus
- ❖ Ruční impulsní svářečka s ořezem KF 300 HC
- ❖ Rychlovarná konvice
- ❖ Titrační zařízení TITRONIC basic
- ❖ Ultrazvuková lázeň
- ❖ Varná hnízda (LTHS 250, Brněnská drutěva)
- ❖ Varné kamínky
- ❖ Vodní lázeň GFL typ 1031

6.2 Příprava vzorků

Pro stanovení nutričních hodnot bylo připraveno celkem osm vzorků. Dva vzorky byly zvoleny jako standardy, jeden byl vyroben z hladké pšeničné mouky, druhý byl vyroben z mouky rýžové. Další čtyři vzorky byly obohaceny o netradiční suroviny, a to o mouky (dýňovou, konopnou, kaštanovou a ostropestřcovou), sušené ovoce (švestky, meruňky, brusinky a černý rybíz), jedlé květy (černý bez, levandule, červená chrpa a růže), do jednoho vzorku byly přidány také mandle. Poslední dva vzorky byly ještě navíc fortifikovány rýžovým proteinem od společnosti Adveni Medical spol. s r. o. Netradiční suroviny byly nejčastěji zakoupeny v obchodech se zdravou výživou. Zbylé suroviny byly pro všechny vzorky stejné, jednalo se o máslo, moučkový cukr, vaječný žloutek, vanilinový cukr a sůl, byly zakoupeny v maloobchodní síti. Recepturní složení sušenkových těst je uvedeno v tabulce 1. Recepturní složení podléhá Užitému vzoru 33013 [64].

Postup u přípravy vzorků byl následující. Nejdříve se pro každý vzorek navážily suroviny, u sušeného ovoce a mandlí se jednotlivé kusy nakrájely na přibližně stejně malé kousky a uhnětla se pomocí hnětače těsta. Ta se nechala do druhého dne odpočinout v lednici při teplotě cca 8 °C. Příští den se těsta rozválela zhruba na 3 mm silné pláty a za pomoci vykrajovátka se vytvarovaly sušenky do kulatého tvaru o průměru 5 cm. Před samotným pečením se připravené polotovary nechaly asi 5 – 10 minut odležet v lednici a následně se daly postupně péct. Doba pečení byla u všech vzorků podobná, pohybovala se cca kolem 6 minut při teplotě 175 °C. Po upečení se sušenky nechaly vychladnout, poté se pomocí tyčového mixéru jednotlivé vzorky rozmixovaly, nasypaly do popsaných PE tmavých nádobek a byly tak připraveny ke stanovování nutričních hodnot. Fotografická dokumentace sušenek (Obr 9 až 16) je uvedena v experimentální části.

Tabulka 1: Receptury vzorků sušenek s netradiční surovinovou skladbou

Sušenky s lepem							
vzorek 1		vzorek 2		vzorek 3		vzorek 4	
pšeničná mouka	68,9	pšeničná mouka	63,8	pšeničná mouka	67,8	pšeničná mouka	43,3
máslo	42,1	máslo	44,1	máslo	46,9	máslo	35,1
cukr moučka	22,5	cukr moučka	22,4	cukr moučka	25,2	cukr moučka	18,9
žloutek	12,1	žloutek	11,8	žloutek	13,5	žloutek	10,1
vanilinový cukr	4,5	vanilinový cukr	4,1	vanilinový cukr	5,0	vanilinový cukr	3,7
sůl	0,08	sůl	0,1	sůl	0,1	sůl	0,1
–	–	dýňová mouka	7,1	konopná mouka	7,5	konopná mouka	5,6
–	–	mandle	4,0	sušené meruňky	33,8	sušené meruňky	25,3
–	–	sušené švestky	6,0	levandule	0,6	levandule	0,5
–	–	bezový květ	2,0	–	–	rýžový protein	7,5

* množství surovin je uvedeno v [g]

Sušenky bez lepku							
vzorek 5		vzorek 6		vzorek 7		vzorek 8	
rýžová mouka	69,5	rýžová mouka	63,8	rýžová mouka	67,5	rýžová mouka	52,4
máslo	43,2	máslo	44,0	máslo	44,0	máslo	41,3
cukr moučka	22,0	cukr moučka	22,4	cukr moučka	22,4	cukr moučka	21,0
žloutek	11,5	žloutek	11,8	žloutek	11,8	žloutek	11,1
vanilinový cukr	3,9	vanilinový cukr	4,1	vanilinový cukr	4,1	vanilinový cukr	3,8
sůl	0,1	sůl	0,1	sůl	0,1	sůl	0,1
–	–	kaštanová m.	7,1	ostropestřcová m.	3,5	kaštanová m.	6,7
–	–	brusinky	6,0	černý rybíz	8,0	brusinky	5,6
–	–	červená chrpa	0,5	růže	1,8	červená chrpa	0,5
–	–	–	–	–	–	rýžový protein	7,5

* množství surovin je uvedeno v [g]

6.3 Stanovení nutričních hodnot

Nutriční analýza jednotlivých zhomogenizovaných vzorků byla provedena v laboratořích na pracovišti Ústavu analýzy a chemie potravin, FT UTB ve Zlíně.

6.3.1 Stanovení vlhkosti

Postup stanovení vlhkosti u bezlepkových sušenek s netradiční surovinovou skladbou bylo provedeno referenční metodou ČSN ISO 712 (461014).

Do hliníkových misek, které byly předsušeny v laboratorní sušárně při 130 ± 3 °C po dobu 1 hodiny a následně zvaženy, byl odvážen 1 g zhomogenizovaného vzorku s přesností na 0,1 mg. Poté byly vzorky vloženy do sušárny. Sušení probíhalo za stejné teploty a času jako je uvedeno u předsušení. Následně se vložily do exsikátoru k vychladnutí, a poté byly zvaženy na analytických vahách. Konečný výsledek byl průměr ze tří stanovení.

Výpočet obsahu vlhkosti [%]:

$$v = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 100 \quad (1)$$

kde: m_0 je hmotnost předsušené hliníkové prázdné misky [g],

m_1 je hmotnost hliníkové misky s navážkou vzorku před vysušením [g],

m_2 je hmotnost hliníkové misky se vzorkem po vysušení [g].

Výpočet obsahu sušiny ve vzorku [%]:

$$S = 100 - v \quad (2)$$

kde: S je obsah sušiny.

6.3.2 Stanovení popela

Postup stanovení obsahu popela spalováním u bezlepkových sušenek s netradiční surovinovou skladbou bylo provedeno referenční metodou dle normy ČSN ISO 2171 (461019).

Do porcelánových kelímků, které byly předem vyžíhané v muflové peci na 550 °C po dobu 1 hodiny a zvaženy, byl navážen 1 g zhomogenizovaného vzorku s analytickou přesností na 0,1 mg. Každý vzorek byl 3x navážen. Porcelánové kelímky spolu se vzorky byly umístěny do muflové pece a jeho obsah byl spalován při teplotě 550 °C po dobu 5,5 hodin. Poté byly

kelímky vloženy do exsikátoru k vychladnutí a po vychladnutí byly zváženy na analytických vahách s přesností na 0,1 mg. Konečný výsledek byl získán jako průměr ze tří stanovení.

Výpočet obsahu popela v [%]:

$$P = \frac{m_1 - m_2}{m_3 - m_2} \times 100 \quad (3)$$

kde: m_1 je hmotnost porcelánového kelímku s popelem po vyžihání [g],

m_2 je hmotnost prázdného porcelánového kelímku [g],

m_3 je hmotnost porcelánového kelímku se vzorkem před vyžiháním [g].

Výpočet obsahu popela v sušině v [%]:

$$P_s = \frac{P}{S} \times 100 \quad (4)$$

kde: S je sušina vzorku.

6.3.3 Stanovení obsahu škrobu dle Ewerse

Stanovení obsahu škrobu bylo provedeno úpravou Ewersovy polarimetrické metody podle normy ČSN EN ISO 10520 (566120).

Do 100 ml odměrných baněk bylo naváženo 3 g zhomogenizovaného vzorku s přesností na 0,1 mg. Ke každému vzorku se přidalo 25 ml 1,124 hmot. % HCl. Směs se krouživým pohybem baňky důkladně promíchala a přidalo se dalších 25 ml HCl. Odměrné baňky s naváženým vzorkem a HCl se postupně vkládaly do vroucí vodní lázně a nechaly se zahřívát přesně 30 minut. Během prvních 3 minut se baňky promíchávaly, ale byly stále ponořené ve vodní lázni. Po uplynutí času se odměrná baňky vyjmuly z vroucí vodní lázně, přidalo se dalších 20 ml HCl (1,124 hmot. %) a baňky se nechaly zchladit v chladné vodní lázni na okolní pokojovou teplotu. Následně se provedlo vyčiření podle Carreze přidáním 3 ml činidla Carrez I (30% síran zinečnatý), důkladně se promíchalo, poté se přidalo 3 ml činidla Carrez II (15% hexakynoželeznan draselný) a opět se promíchalo. Po 5 minutách působení se baňky doplnily po značku destilovanou vodou a jednotlivé vzorky se přefiltrovaly přes suchý skládaný filtrační papír. První podíly filtrátu se vrátily zpět na filtr a filtrace proběhla znovu. U čirého filtrátu byl na polarimetru změřen úhel otočení polarizovaného světla α při teplotě 20 °C. Konečný výsledek byl získán jako průměr ze čtyř stanovení.

Výpočet obsahu škrobu v [%]:

$$\check{S} = \frac{\alpha \times 100}{[\alpha]_{\lambda}^t \times l \times n} \times 100 \quad (5)$$

kde: l je délka polarimetrické trubice (2 dm),

n je přesná navážka vzorku [g],

$[\alpha]_{\lambda}^t$ je specifická otáčivost při teplotě t a vlnové délce λ (184° pro směs škrobů).

Výpočet obsahu škrobu v sušině v [%]:

$$\check{S}_s = \frac{\check{S}}{S} \times 100 \quad (6)$$

kde: S je sušina vzorku [%].

6.3.4 Stanovení obsahu lipidů

Postup stanovení obsahu lipidů byl založen na modifikované metodě extrakce podle Soxhleta na ekstraktoru značky Soxtherm, kdy nepolární netěkavé látky jsou z homogenizovaného vzorku získány pomocí extrakčního rozpouštědla (hexan).

Předsušené extrakční nádoby s třemi varnými kamínky se zvážily s přesností na čtyři desetinná místa. Do připravených papírových extrakčních patron se navážily 2 g zhomogenizovaného vzorku s přesností na 0,1 mg, které se přikryly smotkem vaty. Patrony se poté umístily do drátěných držáků a ty se vložily do předem zvažované extrakční nádoby. Následně se do extrakčních nádobek s extrakční patronou a vzorkem nalilo 100 ml hexanu. Nádoby byly vloženy do extraktoru, spustila se chladicí voda, tlakový vzduch a samotný program s názvem Hexan. Po skončení programu, který trval 2,5 hodiny, se extrakční nádoby vyjmuly, dále se odstranily extrakční patrony a nádoby se zbytkovým hexanem se umístily do digestoře na varná hnízda, kde se hexan dál odpařoval. Dalším krokem bylo vložení extrakčních nádobek do sušárny, kde se nechaly dosušit při teplotě 105 °C po dobu 1 hodiny. Po odpaření zbytkového hexanu byly nádoby s tukem vloženy do exsikátoru k vychladnutí a zváženy na analytických vahách. Konečný výsledek byl získán jako průměr ze tří stanovení.

Výpočet obsahu lipidů v [%]:

$$T = \frac{m_b - m_a}{n} \times 100 \quad (7)$$

kde: m_a je hmotnost prázdné extrakční nádoby s varnými kamínky [g],

m_b je hmotnost extrakční nádoby s tukem [g],

n je navážka vzorku [g].

Výpočet obsahu lipidů v sušině v [%]:

$$T_s = \frac{T}{S} \times 100 \quad (8)$$

kde: S je sušina vzorku [%].

6.3.5 Stanovení obsahu dusíkatých látek Kjeldahlovou metodou s následným přepočtem na obsah hrubé bílkoviny

Postup stanovení obsahu dusíkatých látek byl proveden podle modifikace normy ČSN EN ISO 20483 (461401). Obsah hrubé bílkoviny byl získán výpočtem pomocí přepočítávacího faktoru 6,25. K samotnému stanovení bylo využito mineralizačního zařízení Block Digest 12 a destilačního zařízení Behr S2.

Do mineralizačních zkumavek bylo na analytických vahách naváženo 0,25 g vzorku s přesností na 4 desetinná místa. Do každého vzorku se přidala 1 lžička směsného katalyzátoru ($\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ v poměru 10:1), 10 ml 96% H_2SO_4 a po malých dávkách 30% H_2O_2 . Následně byly takto připravené zkumavky vloženy do mineralizačního zařízení, kde byla nastavena teplota 430 °C po dobu 1 hodiny. Po ukončení mineralizace byl mineralizát kvantitativně převeden za použití destilované vody do odměrné baňky o objemu 25 ml.

Do destilační baňky přístroje Behr S2 bylo pipetováno 10 ml zředěného mineralizátu a 20 ml 30% NaOH. Amoniak, který se uvolňoval přidávkem NaOH, byl predestilován pomocí destilace s vodní parou a byl jímán do titrační baňky s 50 ml 2% roztoku kyseliny borité. Následně se do titračních baněk přidalo několik kapek (3 – 4x) Tashiro indikátoru a jednotlivé vzorky byly dále titrovány $0,025 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ H_2SO_4 do stálého červenofialového zbarvení. Z množství spotřebované kyseliny sírové byl vypočten obsah dusíku a následně byl vypočítán obsah hrubých bílkovin. Konečný výsledek byl získán jako průměr ze čtyř stanovení.

Výpočet obsahu hrubé bílkoviny v [g]:

$$m_B = a \times 10^{-3} \times c \times M_n \times f_t \times f_z \times f_{př} \quad (9)$$

kde: a je spotřeba odměrného roztoku H_2SO_4 při titraci [ml],
 c je přesná koncentrace odměrného roztoku H_2SO_4 : $c = 0,022912$ [mol.dm⁻³],
 M_n je molární hmotnost dusíku: $M_n = 14,01$ [g.mol⁻¹],
 f_t je titrační faktor = 2,
 f_z je zředovací faktor (25 ml/10 ml = 2,5),
 $f_{př}$ je přepočítávací faktor podle druhu potraviny.

Pozn. Pro sušenky byl použit přepočítávací faktor pro ostatní potraviny, tedy pro směsný vzorek s více zdroji bílkovin = 6,25.

Výpočet obsahu hrubé bílkoviny v [%]:

$$B = \frac{m_B}{m_n} \times 100 \quad (10)$$

kde: m_B je obsah hrubé bílkoviny [g],
 m_n je hmotnost navážky vzorku [g].

Výpočet obsahu hrubé bílkoviny v sušině v [%]:

$$B_S = \frac{B}{S} \times 100 \quad (11)$$

kde: S je sušina vzorku [%].

6.3.6 Stanovení vlákniny

6.3.6.1 Stanovení hrubé vlákniny

Nejdříve byly filtrační sáčky F57 vyprány v acetonu. Po odvětrání v digestoři byly sáčky popsány a zváženy s přesností na 0,1 mg. Do jednotlivých sáčků bylo naváženo 0,5 g zhomogenizovaného vzorku s přesností na 0,1 mg, jeden filtrační sáček byl ponechán bez vzorku jako korekce. Popsané filtrační sáčky byly poté zataveny a umístěny do analyzátoru Ankom Fiber Analyzer²²⁰, do něhož bylo přidáno 1,7 litru předem připraveného roztoku H_2SO_4 o koncentraci 0,1275 mol.dm⁻³. Samotná hydrolyza probíhala při teplotě 100 °C po dobu 45 minut. Po této době se vypnul ohřev, míchání a kyselina se vypustila. Následně byly sáčky 3x proplachovány horkou destilovanou vodou, vždy se zapnutým promícháváním po dobu 5 minut. Poté bylo přidáno 1,7 litru roztok NaOH o koncentraci 0,313 mol.dm⁻³ a celý postup se znovu opakoval. Po třetím propláchnutí v horké destilované vodě byly sáčky 1x propláchnuté ve studené destilované vodě. Poté byly filtrační sáčky ze zařízení vytáhnuty a

za použití filtračního papíru byly zbaveny přebytečné vody. Dále se sáčky vložily do acetonu, pak se odvětraly v digestoři a následně vložily do sušárny, kde se sušily při teplotě 105 °C po dobu 4 hodin. Po vychladnutí v exsikátoru a byly zváženy s přesností na 0,1 mg. Dalším krokem bylo vložení filtračního sáčku se vzorkem do předem vyžíhaného a zváženého porcelánového kelímku a následovalo spálení v muflové peci při teplotě 550 °C po dobu 5,5 hodiny. Po vychladnutí porcelánových kelímků v exsikátoru byl spálený zbytek opět zvážen s přesností na 0,1 mg. Každé stanovení bylo provedeno celkem třikrát.

Výpočet obsahu hrubé vlákniny v [%]:

$$CF = \frac{(m_3 - m_1 * c_1) - (m_4 - m_1 * c_2)}{m_2} * 100 \quad (12)$$

Výpočet korekce hmotnosti sáčku po hydrolýze v [g]:

$$c_1 = \frac{m_s}{m_1} \quad (13)$$

Výpočet korekce hmotnosti sáčku po spálení v [g]:

$$c_2 = \frac{m_p}{m_1} \quad (14)$$

kde: m_1 je hmotnost prázdného popsáného sáčku [g],

m_2 je hmotnost navážky vzorku [g],

m_3 je hmotnost vysušeného sáčku se vzorkem po hydrolýze [g],

m_4 je hmotnost popela po spálení vysušeného sáčku se vzorkem po hydrolýze [g],

c_1 je korekce hmotnosti sáčku po hydrolýze [g],

c_2 je korekce hmotnosti sáčku po spálení [g],

m_s je hmotnost vysušeného prázdného sáčku po hydrolýze [g],

m_p je hmotnost popela prázdného sáčku [g].

6.3.6.2 Stanovení neutrálně-detergentní vlákniny (NDF)

Prvně bylo připraveno neutrálně-detergentní činidlo, kdy se navázilo 120 g neutrálně-detergentního činidla (NDČ: disodná sůl kyseliny etylendiamintetraoctové, tetraboritan sodný dekahydrát, hydrogenfosforečnan sodný a laurylsulfát sodný) a bylo přidáno 20 ml trietylglykolu, vše bylo rozmícháno ve 2 litrech destilované vody (pH 6,9 – 7,1). K tomu

bylo dále přidáno 20 g siřičitanu sodného a 4 ml α -amylázy, čímž byl získán neutrálně-detergentní roztok (NDR).

Filtrační sáčky F 57 se promyly v acetonu, nechaly se odvětrat v digestoři, poté byly popsány a zváženy s přesností na 0,1 mg. Do jednotlivého sáčku bylo naváženo 0,5 g zhomogenizovaného vzorku s přesností na 0,1 mg a sáčky s jedním prázdným, korekčním sáčkem se zatavily. Filtrační sáčky se následně umístili do nosiče přístroje Ankom Fiber Analyzer²²⁰, přilil se NDR, nastavil se přístroj na teplotu 100 °C a dobu 75 min a přístroj se uzavřel. Po uplynutí doby se roztok NDR vypustil, sáčky se 3x propláchly horkou destilovanou vodou vždy s přídavkem 4 ml α -amylázy, zapnutým promícháváním po dobu 5 minut. Po třetím propláchnutí v horké destilované vodě byly sáčky ještě jednou propláchnuté ve studené destilované vodě pro zchlazení zařízení i filtračních sáčků. Poté byly vzorky vyjmuty, vysušeny pomocí filtračního papíru a vloženy na 3 minuty do acetonu. Sáčky se na filtračním papíru v digestoři nechaly odvětrat, poté se vložily do sušárny a nechaly se sušit při teplotě 105 °C po dobu 4 hodin. Po 4 hodinách sušení se sáčky vložily do exsikátoru k vychladnutí, a pak se zvážily. Poslední fází bylo vložení vysušených sáčků se vzorky do předem vyžíhaných a zvážených porcelánových kelímků a ponechány ke spálení v muflové peci při teplotě 550 °C po dobu 5,5 hodiny. Po spálení se kelímky daly do exsikátoru a v následujícím kroku se zvážily na analytických vahách. Konečný výsledek byl získán jako průměr ze tří provedených stanovení.

Výpočet obsahu neutrálně-detergentní vlákniny [%]:

$$NDF = \frac{(m_3 - m_1 * c_1) - (m_4 - m_1 * c_2)}{m_2} * 100 \quad (15)$$

Výpočet korekce hmotnosti sáčku po hydrolýze v [g]:

$$c_1 = \frac{m_s}{m_1} \quad (16)$$

Výpočet korekce hmotnosti sáčku po spálení v [g]:

$$c_2 = \frac{m_p}{m_1} \quad (17)$$

kde: m_1 je hmotnost prázdného popsáného sáčku [g],

m_2 je hmotnost navážky vzorku [g],

m_3 je hmotnost vysušeného sáčku se vzorkem po hydrolýze [g],

m_4 je hmotnost popela po spálení vysušeného sáčku se vzorkem po hydrolyze [g],

c_1 je korekce hmotnosti sáčku po hydrolyze [g],

c_2 je korekce hmotnosti sáčku po spálení [g],

m_s je hmotnost vysušeného prázdného sáčku po hydrolyze [g],

m_p je hmotnost popela prázdného sáčku [g].

6.3.7 Stanovení stravitelnosti

Pro stanovení stravitelnosti byla použita kombinovaná hydrolyza za přítomnosti pepsinu a pankreatinu metodou *in vitro*, která simuluje pobyt tráveniny v prostředí lidského gastrointestinálního traktu. Do acetonem propraných, popsanych a zvaženyh filtračnıh sáčků F 57 bylo naváženo 0,25 g zhomogenizovaného vzorku s přesností na 0,1 mg. Sáčky s naváženyh vzorky byly i s korekčnım sáčkem zataveny a vloženy do inkubačnı láhve. Do inkubačnı láhve bylo přidáno 1,7 litrů roztoku HCl o koncentraci 0,1 mol.dm⁻³, ve kterém bylo rozpuštěno 3 g pepsinu. Láhev byla ihned vložena do inkubátoru Daisy a inkubována po dobu 4 hodin (tato doba simuluje dobu pobytu tráveniny v žaludku). Po uplynutı doby se sáčky několikrát propláchly destilovanou vodou a osušily pomocí filtračnıho papıru. Další fází byla příprava fosfátového pufru (pH 7,45), a to smıcháním 3,09 g KH₂PO₄ a 32,49 g Na₂HPO₄.12H₂O do 1,7 l destilované vody, následně bylo rozpuštěno 2,28 g pankreatinu. Filtračnı sáčky se spolu s fosfátovým pufrım daly do inkubačnı láhve a opět proběhla inkubace. Tentokrát doba trvání byla 24 hodin, což simulovalo přibližný čas trávenı živin v tenkém střevě. Po uplynutı inkubačnı doby byla láhev umístěna na 40 minut do sušárny, která byla vyhřátá na 80 °C. Poté byly filtračnı sáčky opakovaně promývány destilovanou vodou, aby došlo k odstranění mazovatělého škrobu. Sáčky byly následně vysušeny v laboratornı sušárně při teplotě 103 °C za 24 hodin, vychlazeny v exsikátoru a zvaženy. Poslednı fází bylo vložení vysušených sáčků se vzorky do předem vyhřaných a zvaženyh porcelánových kelımků a ponechány ke spálení v muflové peci při teplotě 550 °C po dobu 5,5 hodiny. Po vychladnutí v exsikátoru byly kelımkı zchlazeny a zvaženy na analytických vahách s přesností na 0,1 mg. Konečný výsledek byl získán jako průměr ze tří provedených stanovenı.

Hodnota stravitelnosti byla vyjádřena jako stravitelnost sušiny vzorku (DMD) a stravitelnost organické hmoty vzorku (OMD) v %.

Výpočet stravitelnosti sušiny ve vzorku v [%]:

$$DMD = 100 - \frac{100 \cdot DMR}{m_2 \cdot DM} \quad (18)$$

Výpočet hmotnosti vzorku bez sáčku po inkubaci a vysušení v [g]:

$$DMR = m_3 - m_1 \cdot c_1 \quad (19)$$

Výpočet obsahu sušiny ve vzorku v [g]:

$$DM = \frac{S}{m_S} \cdot 100 \quad (20)$$

Výpočet stravitelnosti organické hmoty ve vzorku v [%]:

$$OMD = 100 - \frac{100 \cdot (DMR - AR)}{m_2 \cdot DM \cdot OM} \quad (21)$$

Výpočet hmotnosti popela vzorku bez sáčku v [g]:

$$AR = m_4 - m_1 \cdot c_2 \quad (22)$$

Výpočet obsahu organické hmoty v sušině vzorku v [g]:

$$OM = \frac{S - P}{100} \quad (23)$$

kde: DMD je hodnota stravitelnosti sušiny vzorku [%],

DMR je hmotnost vzorku bez sáčku po inkubaci a vysušení [g],

DM je obsah sušiny ve vzorku [g],

OMD je hodnota stravitelnosti organické hmoty ve vzorku [%],

AR je hmotnost popela vzorku bez sáčku [g],

OM je obsah organické hmoty v sušině vzorku [g],

S je obsah sušiny ve vzorku [%],

P je obsah popela ve vzorku [%],

m_S je hmotnost vzorku na stanovení sušiny [g],

m_1 je hmotnost prázdného popsaného sáčku [g],

m_2 je hmotnost vzorku [g],

m_3 je hmotnost vysušeného sáčku se vzorkem po inkubaci [g],

m_4 je hmotnost popela vysušeného sáčku se vzorkem po inkubaci [g],

c_1 je korekce hmotnosti sáčku po inkubaci [g],

c_2 je korekce hmotnosti sáčku po spálení [g].

Výpočet korekcí hmotnosti v [g]:

$$c_1 = \frac{m_s}{m_1} \quad (24)$$

$$c_2 = \frac{m_p}{m_1} \quad (25)$$

kde: m_s je hmotnost vysušeného prázdného sáčku po inkubaci [g],

m_p je hmotnost spáleného sáčku se vzorkem [g].

6.4 Statistické zpracování naměřených dat

S pomocí Dean-Dixonova testu byly vyloučeny odlehlé výsledky. Naměřené data byla vyjádřena jako střední hodnota \pm směrodatná odchylka (Microsoft Office Excel). Bylo provedeno statistické vyhodnocení pomocí parametrického testu, který srovnává střední hodnoty dvou nezávislých souborů (Studentův t -test) s hladinou významnosti 5 %. Pro zpracování výsledků byl použit program StatK25.

7 VÝSLEDKY A DISKUZE

7.1 Vyrobené vzorky sušenek

Vyrobené sušenky, jejichž výroba je stručně popsána v kapitole 6.1, jsou prezentovány na následujících obrázcích 9 až 16. Tyto vzorky sušenek byly analyzovány v rámci jednotlivých jakostních znaků. Získané výsledky z analýz jsou velmi obtížně diskutovatelné. Sušenka totiž tvoří rozmanitou, heterogenní směs, na kterou neexistují žádné normy pro nutriční hodnoty, a ani žádná studie, která by se zabývala nutriční analýzou sušenek s netradiční surovinovou skladbou. Proto bude diskuze směřována více k jednotlivým surovinovým komponentám, či k tradičním sušenkám.



Obrázek 9: Vzorek číslo 1



Obrázek 10: Vzorek číslo 2



Obrázek 11: Vzorek číslo 3



Obrázek 12: Vzorek číslo 4



Obrázek 13: Vzorek číslo 5



Obrázek 14: Vzorek číslo 6



Obrázek 15: Vzorek číslo 7



Obrázek 16: Vzorek číslo 8

Výsledky stanovení jednotlivých nutričních parametrů jsou prezentovány jako střední hodnota \pm směrodatná odchylka (SD).

7.2 Výsledky stanovení obsahu vlhkosti a popela

Stanovení vlhkosti bylo provedeno podle postupu popsaneho v podkapitole 6.3.1, výpočet byl proveden za pomoci vzorců 1 a 2. Hodnoty obsahu vlhkosti u sušenek s lepkem a bezlepkových sušenek jsou uvedeny v tabulkách 2A a 2B. Konečný obsah vlhkosti v analyzovaných vzorcích je dán množstvím vody (a těkavých látek) obsažené ve vzorcích sušenek po upečení. Legislativa, týkající se sušenek, tedy vyhláška Ministerstva zemědělství č. 18/2020 Sb. v aktuálním znění, neudává požadavek na hodnotu obsahu vlhkosti. Tato vyhláška však uvádí, že trvanlivé pečivo vyrobené z pšeničné mouky nebo jiných mlýnských obilných výrobků a dalších složek má obsahovat nejvýše 10 % vody, a to by se mohlo použít i k porovnání výrobků jako jsou právě sušenky, jelikož do této kategorie spadají. V rámci analyzovaných vzorků obsahujících lepek byl naměřen obsah vlhkosti od 3,23 do 8,11 %. U bezlepkových sušenek se obsah vlhkosti pohyboval v rozmezí od 2,81 do 4,06 %. Nejvyšší obsah vlhkosti byl naměřen u vzorku s lepkem č. 3, nejnižší potom u bezlepkového vzorku č. 5. Z naměřených výsledků je možné konstatovat, že obsah vlhkosti u obou typů sušenek (s lepkem a bezlepkové) splňoval požadavky dané výše zmíněnou vyhláškou. Pro porovnání můžeme uvést studii More a kol. (2013), který ve své práci detekoval obsah vlhkosti u bezlepkových sušenek vyrobených z rýžové mouky. Jeho naměřené hodnoty se pohybovaly v rozmezí od 3,7 do 6,7 %.

Konečný obsah vlhkosti v pečených výrobcích je důležitým parametrem kvality, který ovlivňuje trvanlivost [65]. Čerstvě upečené trvanlivé výrobky, respektive sušenky, mají nízkou vlhkost a jsou většinou považovány za hygroskopické. Navazování vlhkosti z okolního prostředí je velmi rychlé, a proto se musí skladovat v dobře uzavřených kontejnerech umístěných ve speciálních místnostech. Pokud však výrobky překročí doporučenou hodnotu, dojde k jejich změknutí, což je hlavní znak stárnutí výrobku a zvětšení objemu [11]. Zvýšený obsah vlhkosti může také dále vést k oxidační nestabilitě, mikrobiálnímu rozkladu a sensorickým změnám (způsobené například žluknutím tuků).

Tabulka 2A: Výsledky obsahu vlhkosti a popela v sušině u analyzovaných vzorků sušenek s lepkem

Vzorek	Vlhkost [%] ± SD	Popel v sušině [%] ± SD
1	3,23 ± 0,04 ^a	0,61 ± 0,05 ^a
2	4,47 ± 0,05 ^b	1,14 ± 0,05 ^b
3	8,11 ± 0,07 ^c	1,35 ± 0,06 ^c
4	4,48 ± 0,10 ^b	1,57 ± 0,10 ^d

Hodnoty ve sloupcích, které mají stejné malé písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($P \geq 0,05$), hodnoty ve sloupcích, které mají odlišné malé písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ($P < 0,05$).

Tabulka 2B: Výsledky obsahu vlhkosti a popela v sušině u analyzovaných vzorků bezlepkových sušenek

Vzorek	Vlhkost [%] ± SD	Popel v sušině [%] ± SD
5	2,81 ± 0,11 ^a	0,33 ± 0,03 ^a
6	3,73 ± 0,12 ^b	0,41 ± 0,01 ^b
7	4,06 ± 0,10 ^c	0,76 ± 0,05 ^c
8	3,50 ± 0,14 ^d	0,67 ± 0,04 ^d

Hodnoty ve sloupcích, které mají stejné malé písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($P \geq 0,05$), hodnoty ve sloupcích, které mají odlišné malé písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ($P < 0,05$).

Stanovení obsahu popela v sušině bylo provedeno podle postupu popsaného v podkapitole 6.3.2 a obsah popele byl vypočten za pomoci vztahů 3 a 4. V tabulkách 2A a 2B jsou prezentovány příslušné výsledky obsahu popela. Minerální látky se souhrnně označují jako „popel“, což je anorganický zbytek po spálení rostlinného materiálu. Významný vliv na celkový obsah popela ve vzorcích má druh a použité množství mouky v receptuře, který se pohybuje okolo 70 hmot. %. U sušenek s lepkem byla jako základní mouka použita hladká pšeničná mouka, u které se dle platné legislativy uvádí maximální obsah popela v sušině

0,60 %. U druhé (bezlepkové) skupiny výrobků byla použita mouka rýžová, která má přibližně stejné množství popele jako hladká pšeničná (Nutridatabáze ÚZEI uvádí 0,50 %). Obsah popele ve vzorcích sušenek obsahujících lepek byl vyšší v porovnání s bezlepkovými. Burešová a kol. (2013) zmiňuje, že u obiliek mezi minerálními prvky převažuje fosfor, z kovů je to pak hořčík, vápník, železo. Zejména záleží na druhu obiloviny, odrůdě, podmínkách pěstování, hnojení a dalších attributech. Jinými významnými složkami je sušené ovoce (zejména sušené švestky), mandle a jedlé květy. Rozhodující faktor může být také jejich kvalita.

Hodnoty obsahu popele v sušině se v případě sušenek pohybovaly v rozmezí 0,33 až 1,57 %. Nejvyšší obsah byl zjištěn u vzorku č. 4, nejnižší pak u vzorku č. 5. Radočaj a kol. (2014) ve své studii poukazuje na to, že po přidavku konopné mouky do receptury při výrobě sušenek u všech zkoumaných vzorků došlo ke zvýšení obsahu popele [66]. Pokud se porovná vzorek č. 1 (považován za standard) se vzorek č. 3, obsahující přídavek konopné mouky, je na první pohled taktéž patrný vzestup v množství obsahu popele.

7.3 Výsledky stanovení obsahu škrobu, lipidů a hrubé bílkoviny

Stanovení obsahu škrobu v sušině bylo provedeno podle postupu popsáno v podkapitole 6.3.3 a vypočteno za použití vzorců 5 a 6. Střední hodnoty stanovení jsou představeny v tabulkách 3A a 3B. Nejvyšší množství škrobu z použitých surovin dodává sušenkám hlavně mouka. Údaje obsahu škrobu v sušině uvedené v publikaci [11] jsou v průměru 50 – 80 % škrobu, konkrétně pšenice 63 – 72 %, rýže cca 75 % (Nutridatabáze ÚZEI). Jeho koncentrace kolísá zhruba v uvedeném rozmezí podle druhů a odrůd. U analyzovaných vzorků sušenek byl naměřen rozsah koncentrací škrobu od 22,3 do 42,9 %, kdy u sušenek na pšeničné bázi je rozmezí 22,3 až 34,2 % a u sušenek na rýžovém základu je rozmezí od 31,9 až do 42,9 %. Dále je ve výsledkové tabulce možné pozorovat trend, o kterém se zmiňuje Burešová a kol. (2013), že obsah škrobu je v negativním vztahu k obsahu bílkovin. Na drobné výkyvy u bílkovin může mít vliv odlišný přídavek netradičních mouk uvedený v recepturách (vyjma vzorek s přídavkem rýžového proteinu). Vzhledem ke složení a zpracování jsou sušenky s tradičními surovinami řazeny do skupiny potravin s vysokým glykemickým indexem (GI). GI udává rychlost využití glukózy tělem, tedy vysoká hodnota GI má za následek rychlejší vstřebávání v tenkém střevě, vyšší hladinu glykémie a také vyšší množství inzulínu uvolněného do krevního řečiště. Z nutričního hlediska proto v současné době stoupá

požadavek na vyšší podíl hrubé bílkoviny, vlákniny (pomáhají glykemický index snižovat) a nižší obsah škrobu.

Stanovení obsahu lipidů bylo provedeno podle postupu popsaného v podkapitole 6.3.4, vypočten byl za použití vzorců 7 a 8. Výsledky stanovení jsou uvedeny v tabulkách 3A a 3B. Měřením byly zjištěny hodnoty v rozsahu od 25,3 do 29,5 % obsahu lipidů. Pro srovnání More a kol. (2013) ve své práci uvádí, obsah lipidů v rýžových sušenkách, kde se hodnoty pohybovaly od 8,32 do 10,1 % [58]. V jiné výzkumné práci Caponio a kol. (2008) množství tuku ve zkoumaných bezlepkových sušenkách představovalo průměrnou hodnotu 14,7 % [54]. Avšak ani v jednom výzkumu není uvedeno přesné složení analyzovaných sušenek, aby šly více porovnat s námi vyrobenými sušenkami. Obsah lipidů v obilovinách není příliš vysoký (u běžné pšenice či rýže 1,5 – 2,5 %), to platí i pro jedlé květy a sušené ovoce, kde je obsah lipidů minimální. Vzhledem k této skutečnosti lze předpokládat, že značný vliv na výsledné stanovení obsahu lipidů má zejména máslo (dle Nařízení 1234/2007 musí být vyrobeno pouze z mléčného tuku, jehož obsah je nejméně 80 %). U vzorku č. 2 byla zjištěna nejvyšší hodnota ze všech analyzovaných vzorků. Je to nejspíš z toho důvodu, že do receptury u toho vzorku byly oproti ostatním sušenkám přidány suché skořápkové plody reprezentovány mandlemi, v nichž je skryto 40 – 55 % tuků (dle USDA, 2020). Kvůli těmto surovinám je potřeba dbát na správné skladování sušenek, ať už se použije při výrobě tuk (máslo), rostlinný olej nebo jiná složka, která lipidy obsahuje. Lipidy, konkrétně nenasycené MK, totiž podléhají procesu žluknutí (oxidaci), což má za následek pokles výživové hodnoty i chuťových vlastností. Hlavní prevencí je skladování v chladu, temnu a bez přístupu kyslíku (vzduchu) [67]. To je mimo jiné také důvod, proč se do sušenek přidávají tzv. antioxidanty, které brání oxidaci tuků. V našem případě byly sušenky skladovány při pokojové teplotě v laboratoři, v krabici v uzavíratelných polyetylenových dózách. Díky rychlému zpracování analyzovaných vzorků se oxidační změny předpokládají minimální.

Tabulka 3A: Výsledky obsahu škrobu, lipidů a hrubé bílkoviny v sušině u analyzovaných vzorků sušenek s lepkem

Vzorek	Škrob v sušině [%] ± SD	Lipidy v sušině [%] ± SD	Bílkoviny v sušině [%] ± SD
1	34,2 ± 0,30 ^a	28,5 ± 0,31 ^a	9,86 ± 0,23 ^a
2	29,6 ± 0,31 ^b	29,5 ± 0,36 ^b	11,3 ± 0,21 ^b
3	26,9 ± 0,44 ^c	25,3 ± 0,12 ^c	10,5 ± 0,23 ^c
4	22,3 ± 0,11 ^d	25,4 ± 0,33 ^c	14,0 ± 0,24 ^d

Hodnoty ve sloupcích, které mají stejné malé písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($P \geq 0,05$), hodnoty ve sloupcích, které mají odlišné malé písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ($P < 0,05$).

Tabulka 3B: Výsledky obsahu škrobu, lipidů a hrubé bílkoviny v sušině u analyzovaných vzorků bezlepkových sušenek

Vzorek	Škrob v sušině [%] ± SD	Lipidy v sušině [%] ± SD	Bílkoviny v sušině [%] ± SD
5	42,9 ± 0,44 ^a	27,5 ± 0,30 ^a	6,81 ± 0,10 ^a
6	40,2 ± 0,33 ^{b,c}	25,7 ± 0,21 ^{b,c}	6,28 ± 0,29 ^b
7	39,9 ± 0,34 ^c	26,0 ± 0,26 ^c	7,68 ± 0,32 ^c
8	31,9 ± 0,38 ^d	26,6 ± 0,24 ^d	10,9 ± 0,40 ^d

Hodnoty ve sloupcích, které mají stejné malé písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($P \geq 0,05$), hodnoty ve sloupcích, které mají odlišné malé písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ($P < 0,05$).

Stanovení obsahu hrubé bílkoviny v sušině bylo provedeno podle postupu popsaného v podkapitole 6.3.5 a obsah hrubé bílkoviny byl vypočten pomocí vzorců 9 až 11, přičemž výsledky jsou uvedeny v tabulkách 3A a 3B. I v případě stanovení hrubých bílkovin, lze očekávat majoritní ovlivnění celkových výsledků obilnou složkou. Bílkoviny jsou totiž po škrobu druhou nejhojnější složkou zrn. Obsah bílkovin v pšeničném zrně dle [11] se pohybuje v rozmezí 8 – 17 %, u rýže se obsah obvykle pohybuje v širokém rozmezí

4,30 – 18,2 %, běžně kolem 8 až 9 % [68]. Z hlediska vysokého obsahu bílkovin by další důležitou složkou mohly být mandle (okolo 23 % bílkovin). Ostatní složky v podobě jedlých květů či sušeného ovoce jsou minoritním zdrojem stanovovaných bílkovin, a proto je jejich vliv téměř zanedbatelný. Hodnoty obsahu hrubých bílkovin v sušině analyzovaných vzorků byly detekovány v širokém rozmezí 6,28 – 14,0 %, přičemž nejnižší zastoupení bílkovin bylo v případě vzorku č. 6. Tento nízký obsah v porovnání se standardem, tedy vzorkem č. 5, se může vysvětlit tím, že do vzorku č. 6 byla z části přidána kaštanová mouka na úkor mouky rýžové (tabulka 1). Databáze složení potravin deklaruje v kaštanové mouce 6,3 % bílkovin, což je méně než v rýžové. U druhého BLP vzorku č. 7 je pro změnu oproti standardu patrný nárůst obsahu bílkovin. Do této receptury byla totiž přidána ostropestřcová mouka, která je významným zdrojem bílkovin (až 35 g.100 g⁻¹ jedlého podílu). Další zajímavý výsledek se ukázal u lepkového vzorku č. 2, který měl druhý nejvyšší obsah bílkovin, a to 11,3 %. To může s velkou pravděpodobností dokazovat přídavek mandlí u tohoto vzorku. Další dvě vysoké hodnoty byly zjištěny u vzorků č. 4 a 8, do kterých byl přidán rýžový protein, respektive bílkovinný koncentrát ze zrn rýže seté (79 % obsahu bílkovin). Oproti jejich standardům došlo k signifikantnímu zvýšení obsahu bílkovin. Rozdíl je taktéž patrný u vzorků č. 3 a 4, a také u vzorků č. 6 a 8, kde bylo použito stejné recepturní složení s tím, že vždy u druhých jmenovaných z dané skupiny byl přidán právě již jednou zmíněný rýžový protein. Tím bylo docíleno záměru, který byl v samotném počátku plánován. I tak vzorky bezlepkových sušenek obsahovaly méně hrubé bílkoviny, což by se do budoucna mělo v recepturním složení změnit v jejich prospěch, hlavně na úkor lipidového či škrobového podílu.

7.4 Výsledky stanovení obsahu vlákniny

U stanovení obsahu vlákniny byly provedeny dva druhy stanovení. Prvního z nich se týkalo obsahu hrubé vlákniny, druhého obsahu neutrálně-detergentní vlákniny. Postupy jednotlivých metod jsou uvedeny v podkapitolách 6.3.6.1 a 6.3.6.2. Výsledné hodnoty byly vypočteny za použití vztahů 12 až 17, výsledky jsou prezentovány v tabulkách 4A a 4B. Pod pojmem hrubá vláknina (CF – Crude Fiber) se rozumí komplex celulózy a ligninu, kdežto v případě neutrálně-detergentní vlákniny (NDF – Neutral-Detergent Fiber), se jedná o komplex celulózy, ligninu a nerozpustných hemicelulózových vláken. Oba tyto typy patří do skupiny nerozpustné vlákniny. Obsah hrubé vlákniny v sušině analyzovaných vzorků se

pohyboval v rozmezí hodnot 0,08 až 1,77 %. Nejnižší hodnoty CF byly naměřeny u vzorku č. 1 (0,08 %), kde to může být z toho důvodu, že sušenka obsahuje pouze pšeničnou mouku, která sama o sobě obsahuje jen 2,0 – 2,5 % celkové vlákniny (TDF – Total Dietary Fibre). Druhá nejnižší hodnota byla detekována u druhého standardu, v tomto případě tedy bezlepkového, kdy byla v receptuře použita pouze rýžová mouka (0,5 – 1,5 % celkové vlákniny). U těchto vzorků (č. 1 a 5) byly taktéž stanoveny nejnižší hodnoty NDF, a to 0,74 % pro vzorek č.1 a 0,67 % pro vzorek č. 5. Sušené ovoce je však dobrým zdrojem vlákniny (sušené švestky 9,3 %, meruňky 7,4 %, rybíz 6,8 %, brusinky 5,3 %), a proto u ostatních vzorků, které byly obohaceny těmito surovinami, došlo k navýšení jejího obsahu. Neutrálně-detergentní vláknina měla obdobný trend výsledků jako u hrubé vlákniny, nejnižší obsah byl naměřen opět u obou standardů, nejvyšší hodnota byla zaznamenána u vzorku č. 4 (3,80 %), což je překvapivé, protože by se to dalo spíše očekávat u vzorku č. 2, který obsahuje kromě mouky, sušeného ovoce a jedlých květů i mandle. Nabízí se proto otázka, zda byl vzorek dostatečně zhomogenizován. Viditelný rozdíl mezi CF a NDF vlákninou je dosažen detekcí hemicelulózy, provádějící se u NDF, a proto je v pořádku, že u všech vzorků vyšlo NDF vyšší než CF. Těmito stanoveními byla tedy v sušenkách stanovena nerozpustná forma vlákniny. Její zdravotní význam spočívá v příznivém ovlivnění fyziologické funkce trávicí soustavy (zvětšuje objem stolice a zlepšuje střevní peristaltiku). Tím se uplatňuje v prevenci zácpy, žaludečních vředů a nádorových onemocnění střev [69]. Do budoucna by bylo ale vhodné stanovit hodnotu TDF, tedy celkovou vlákninu, která se skládá jak z nerozpustné, tak z rozpustné vlákniny.

Tabulka 4A: Výsledky obsahu vlákniny v sušině u analyzovaných vzorků sušenek s lepkem

Vzorek	CF v sušině [%] ± SD	NDF v sušině [%] ± SD
1	0,08 ± 0,01 ^a	0,74 ± 0,03 ^a
2	0,48 ± 0,02 ^b	1,30 ± 0,03 ^b
3	1,62 ± 0,05 ^c	3,20 ± 0,12 ^c
4	1,77 ± 0,04 ^d	3,80 ± 0,15 ^d

Hodnoty ve sloupcích, které mají stejné malé písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($P \geq 0,05$), hodnoty ve sloupcích, které mají odlišné malé písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ($P < 0,05$).

Tabulka 4B: Výsledky obsahu vlákniny v sušině u analyzovaných vzorků bezlepkových sušenek

Vzorek	CF v sušině [%] ± SD	NDF v sušině [%] ± SD
5	0,40 ± 0,02 ^a	0,67 ± 0,02 ^a
6	0,52 ± 0,01 ^b	1,34 ± 0,07 ^b
7	0,83 ± 0,02 ^c	1,71 ± 0,04 ^c
8	0,53 ± 0,02 ^b	1,75 ± 0,08 ^c

Hodnoty ve sloupcích, které mají stejné malé písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($P \geq 0,05$), hodnoty ve sloupcích, které mají odlišné malé písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ($P < 0,05$).

7.5 Výsledky stanovení stravitelnosti

Stanovení stravitelnosti bylo provedeno dle postupu uvedeného v podkapitole 6.3.7 a její hodnoty byly vypočteny za pomoci vzorců 18 až 25. Výsledky jsou prezentovány v tabulkách 5A a 5B. Stravitelnost byla vyjadřována jako stravitelnost organické hmoty vzorku (OMD, Organic Matter Digestibility) a stravitelnost sušiny vzorku (DMD, Dry Matter Digestibility). Hodnoty DMD u analyzovaných vzorků se pohybovaly v rozmezí 95,7 – 99,9 % a hodnoty OMD v rozsahu 96,6 – 99,8 %. Nejvyšší hodnota OMD u lepkových sušenek byla zjištěna u vzorku č. 1 (99,6 %) a u bezlepkových sušenek u vzorku č. 5 (99,8 %), což se shodovalo i s nejvyššími hodnotami DMD. Stravitelnost úzce souvisí s množstvím obsažené vlákniny, které bylo u těchto vzorků nejnižší. Naopak nejnižší hodnoty OMD byly naměřeny u vzorků č. 4 a 8 (96,6 a 98,2 %). Tyto výsledky jsou zase v korelaci s nejvyšším obsahem vlákniny. Dá se tedy usuzovat, že čím vyšší je obsah vlákniny, tím nižší jsou hodnoty stravitelnosti, přičemž významnou roli v ovlivnění jejích hodnot hraje i koncentrace bílkovin a škrobu. Velký vliv na stravitelnost má taktéž tepelná úprava, při které dochází jednak k mazovatění škrobu, ale také k denaturaci proteinů, a tudíž k snadnějšímu trávení [70]. V neposlední řadě je u stravitelnosti také důležitý zdravotní stav jedince, konkrétně například schopnost absorbovat živiny. Je dobré vzít na vědomí, že toto stanovení je pouze teoretické, protože probíhalo *in vitro*, nikoliv *in vivo*.

Tabulka 5A: Výsledky stanovení DMD a OMD u analyzovaných vzorků sušenek s lepkem

Vzorek	DMD [%] ± SD	OMD [%] ± SD
1	99,7 ± 0,09 ^a	99,6 ± 0,20 ^a
2	98,7 ± 0,11 ^b	98,6 ± 0,10 ^b
3	96,9 ± 0,20 ^c	97,2 ± 0,24 ^c
4	95,7 ± 0,22 ^d	96,6 ± 0,19 ^d

Hodnoty ve sloupcích, které mají stejné malé písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($P \geq 0,05$), hodnoty ve sloupcích, které mají odlišné malé písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ($P < 0,05$).

Tabulka 5B: Výsledky stanovení DMD a OMD u analyzovaných vzorků bezlepkových sušenek

Vzorek	DMD [%] ± SD	OMD [%] ± SD
5	99,9 ± 0,01 ^a	99,8 ± 0,08 ^a
6	98,9 ± 0,09 ^b	98,9 ± 0,04 ^b
7	98,4 ± 0,02 ^c	98,4 ± 0,16 ^c
8	97,7 ± 0,12 ^d	98,2 ± 0,20 ^c

Hodnoty ve sloupcích, které mají stejné malé písmenné indexy, mezi sebou nevykazují statisticky významný rozdíl ($P \geq 0,05$), hodnoty ve sloupcích, které mají odlišné malé písmenné indexy, se mezi sebou statisticky liší ($P < 0,05$).

ZÁVĚR

Diplomová práce byla zaměřena na výrobu a následné stanovení nutričních hodnot sušenek tvořených netradičními moukami, suchými skořápkovými plody, sušeným ovocem či sušenými jedlými květy.

V teoretické části této práce byla v prvním úseku popsána charakteristika jednotlivých druhů sušenek. Další kapitola se zabývala jak základními surovinami, které se nejčastěji používají při výrobě sušenek, tak i těmi netradičními. Poté byly zmíněny základní technologické postupy výroby a popis samotných druhů sušenek. A poslední čtvrtá část byla věnována problematice bezlepkových sušenek.

V praktické části byly v první řadě podle receptury vyrobeny sušenky. Základem jedné receptury byla pšeničná mouka a druhá receptura obsahovala jako primární surovinu mouku rýžovou, celkem bylo upečeno osm druhů sušenek, tedy čtyři druhy ve dvou skupinách. V druhé části byly stanoveny jednotlivé jakostní znaky netradičních sušenek, které byly následně porovnávány s dostupnou literaturou či navzájem mezi sebou. Samotné výsledky byly obtížně diskutovatelné, jelikož sušenky patří mezi rozmanité výrobky, pro které neexistují žádné normy pro nutriční hodnoty. V části diskuze byly ale učiněny tyto dílčí závěry. Ačkoliv vyhláška č. 18/2020 Sb. přímo nemluví o sušenkách, obsah vlhkosti vyhovoval jejím požadavkům a tato hodnota byla vždy pod 10 % u všech analyzovaných vzorků v rámci trvanlivého pečiva. U stanovení popela se podařilo potvrdit studie Radočaj a kol. (2014), kdy po přidavku konopné mouky ke standardu došlo ke zjevnému navýšení množství obsahu popela ve vzorku. Dalším pozitivem této práce byl výsledek u stanovení obsahu škrobu a bílkovin. Zde se projevila tendence, kdy po zvyšování obsahu bílkovin klesá obsah škrobu, což může být pro lidské zdraví přínosem. Po přidání rýžového proteinu do vzorků se oproti standardu (v obou skupinách) signifikantně navýšil obsah bílkovin. Posledním potvrzujícím údajem bylo, že pokud se zvyšuje ve vzorku obsah vlákniny, dochází ke snižování hodnoty stravitelnosti. Dále je nutno podotknout, že rozdíly mezi sušenkami s lepkem a bez lepku u dílčích stanovení se projevily zejména u obsahu vlhkosti, popela, bílkovin, vlákniny (u BLP sušenek byly hodnoty nižší) a škrobu (u BLP byly hodnoty vyšší).

Závěrem lze říci, že vyrobené sušenky se mohou stát modelovými vzorky pro budoucí obdobně zaměřené práce, které by se mohly zabývat například senzorkou analýzou či prozkoumat možnosti zlepšení jakostních parametrů sušenek, např. v otázce navýšení

obsahu bílkovin a snížení podílu lipidů a cukrů. Dále by tyto sušenky mohly přispět k obohacení sortimentu a mohly by přinést i vyšší nutriční benefit nejen pro celiaky. V dalších analýzách by bylo přínosné zaměřit se na obsah vitaminů, minerálních prvků, a dalších biologicky aktivních látek, tak jako na stanovení TDF či glykemického indexu sušenek.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ŠOTTNÍKOVÁ, V., R. LANGOVÁ, L. HŘIVNA, Š. NEDOMOVÁ a M. JŮZL. Quality of biscuits as affected by addition of fibre. *Potravinářstvo Slovak Journal of Food Sciences* [online]. 2019, **13**(1), 206–211. ISSN 1337-0960. Dostupné z: doi:10.5219/1034
- [2] *XLIX. Symposium o nových směrech výroby a hodnocení potravin* [online]. [vid. 2020-03-24]. Dostupné z: http://www.czechfoodchem.cz/Sbornik_2019.pdf#page=76
- [3] ENGLESON, J. a B. ATWELL. *Gluten-free Product Development*. nedatováno, 5.
- [4] INFO@AION.CZ, AION CS-. 18/2020 Sb. Vyhláška o požadavcích na mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a ... *Zákony pro lidi* [online]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-18>
- [5] MANLEY, D. 1 - Setting the scene: A history and the position of biscuits. In: Duncan MANLEY, ed. *Manley's Technology of Biscuits, Crackers and Cookies (Fourth Edition)* [online]. B.m.: Woodhead Publishing, 2011 [vid. 2019-11-11], Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, s. 1–9. ISBN 978-1-84569-770-9. Dostupné z: doi:10.1533/9780857093646.1
- [6] DAVIDSON, I., ed. Chapter 1 - The Biscuits. In: I. DAVIDSON, ed. *Biscuit, Cookie and Cracker Production (Second Edition)* [online]. B.m.: Academic Press, 2019, s. 1–12. ISBN 978-0-12-815579-0. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-815579-0.00001-5
- [7] ZYDENBOS, S. a V. HUMPHREY-TAYLOR. BISCUITS, COOKIES, AND CRACKERS | Nature of the Products. In: B. CABALLERO, ed. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition)* [online]. Oxford: Academic Press, 2003, s. 524–528. ISBN 978-0-12-227055-0. Dostupné z: doi:10.1016/B0-12-227055-X/00103-6
- [8] MANLEY, D. Classification of biscuits. In: *Manley's Technology of Biscuits, Crackers and Cookies* [online]. B.m.: Elsevier, 2011, s. 271–278. ISBN 978-1-84569-770-9. Dostupné z: doi:10.1533/9780857093646.3.271
- [9] KADLEC, P., K. MELZUCH a M. VOLDŘICH. *Co byste měli vědět o výrobě potravin? : technologie potravin* [online]. B.m.: Key Publishing, 2009. ISBN 978-80-7418-051-4. Dostupné z: <https://is.muni.cz/publication/886457/cs/Co-byste-meli-vedet-o-vyrobe-potravin-technologie-potravin/Kadlec-Melzoch-Voldrich>
- [10] WHITELEY, P. R. Classification of biscuit types and methods of production. In: P. R. WHITELEY *Biscuit Manufacture* [online]. Boston, MA: Springer US, 1971, s. 103–123. ISBN 978-0-444-20072-3. Dostupné z: doi:10.1007/978-1-4615-2037-5_11
- [11] BUREŠOVÁ, I. a E. LORENCOVÁ. *Výroba potravin rostlinného původu: zpracování obilovin*. B.m.: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2013. ISBN 978-80-7454-278-7.

- [12] *Process Guide: Marie Biscuits / SciTech Connect* [online]. Dostupné z: <http://scitechconnect.elsevier.com/process-guide-marie-biscuits/>, <http://scitechconnect.elsevier.com/process-guide-marie-biscuits/>
- [13] DAVIDSON, I., ed. Chapter 15 - Biscuit Production. In: I. DAVIDSON, ed. *Biscuit, Cookie and Cracker Production (Second Edition)* [online]. B.m.: Academic Press, 2019, s. 145–164. ISBN 978-0-12-815579-0. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-815579-0.00015-5
- [14] *Tapety na soubory cookie* [online]. Dostupné z: <http://feelgrafix.com/999153-cookie.html>
- [15] HAZELTON, J. L., J. L. DESROCHERS a C. E. WALKER. BISCUITS, COOKIES, AND CRACKERS | Chemistry of Biscuit Making. In: Benjamin CABALLERO, ed. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition)* [online]. Oxford: Academic Press, 2003, s. 533–539. ISBN 978-0-12-227055-0. Dostupné z: doi:10.1016/B0-12-227055-X/00105-X
- [16] MISRA, N. N. a Brijesh K. TIWARI. Biscuits. In: W. ZHOU, Y. H. HUI, I. DE LEYN, M. A. PAGANI, C. M. ROSELL, J. D. SELMAN a N. THERDTHAI, ed. *Bakery Products Science and Technology* [online]. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2014, s. 585–601. ISBN 978-1-118-79200-1. Dostupné z: doi:10.1002/9781118792001.ch33
- [17] MAACHE-REZZOUG, Z., J. M. BOUVIER, K. ALLAF a Ch. PATRAS. Effect of principal ingredients on rheological behaviour of biscuit dough and on quality of biscuits. *Journal of Food Engineering* [online]. 1998, **35**(1), 23–42. ISSN 02608774. Dostupné z: doi:10.1016/S0260-8774(98)00017-X
- [18] DAVIDSON, I., ed. Chapter 16 - Ingredients for Biscuits: An Introduction. In: I. DAVIDSON, ed. *Biscuit, Cookie and Cracker Production (Second Edition)* [online]. B.m.: Academic Press, 2019, s. 165–172. ISBN 978-0-12-815579-0. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-815579-0.00016-7
- [19] WHITELEY, P. R. Flour and cereal products. In: P. R. WHITELEY, ed. *Biscuit Manufacture: fundamentals of in-line production* [online]. Boston, MA: Springer US, 1971, s. 1–21. ISBN 978-1-4615-2037-5. Dostupné z: doi:10.1007/978-1-4615-2037-5_1
- [20] CHAVAN, R.S., K. SANDEEP, S. BASU a S. BHATT. Biscuits, Cookies, and Crackers: Chemistry and Manufacture. In: *Encyclopedia of Food and Health* [online]. B.m.: Elsevier, 2016, s. 437–444. ISBN 978-0-12-384953-3. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-384947-2.00076-3
- [21] MANLEY, D. Sugars and syrups as biscuit ingredients. In: Duncan MANLEY, ed. *Manley's Technology of Biscuits, Crackers and Cookies (Fourth Edition)* [online]. B.m.: Woodhead Publishing, 2011, Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, s. 143–159. ISBN 978-1-84569-770-9. Dostupné z: doi:10.1533/9780857093646.2.143

- [22] ATKINSON, G. Fats and oils as biscuit ingredients. In: *Manley's Technology of Biscuits, Crackers and Cookies* [online]. B.m.: Elsevier, 2011, s. 160–180. ISBN 978-1-84569-770-9. Dostupné z: doi:10.1533/9780857093646.2.160
- [23] MANLEY, D. Milk products and egg as biscuit ingredients. In: *Manley's Technology of Biscuits, Crackers and Cookies* [online]. B.m.: Elsevier, 2011, s. 191–199. ISBN 978-1-84569-770-9. Dostupné z: doi:10.1533/9780857093646.2.191
- [24] *Současné trendy výzkumu a vývoje potravin pro skupiny obyvatel se zvláštními požadavky na výživu* [online]. [vid. 2020-04-20]. Dostupné z: https://www.vupp.cz/wp-content/uploads/2018/05/Studie_MZe_2_cast.pdf
- [25] MANLEY, D. Additives as biscuit ingredients. In: *Manley's Technology of Biscuits, Crackers and Cookies* [online]. B.m.: Elsevier, 2011, s. 223–234. ISBN 978-1-84569-770-9. Dostupné z: doi:10.1533/9780857093646.2.223
- [26] INFO@AION.CZ, AION CS-. 398/2016 Sb. Vyhláška o požadavcích na koření, jedlou sůl, dehydratované výrobky, ochucovadla, studené omáčky, dr... *Zákony pro lidi* [online]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-398>
- [27] Potravinářské přídatné látky. *Informační Centrum Bezpečnosti Potravin.cz* [online]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/stranka/potravinarska-aditiva.aspx>
- [28] *Nariadení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 ze dne 16. prosince 2008 o potravinářských přídatných látkách (Text s významem pro EHP)* [online]. 31. prosinec 2008. Dostupné z: <http://data.europa.eu/eli/reg/2008/1333/oj/ces>
- [29] MANLEY, D. Emulsifiers (surfactants) and antioxidants as biscuit ingredients. In: *Manley's Technology of Biscuits, Crackers and Cookies* [online]. B.m.: Elsevier, 2011, s. 181–190. ISBN 978-1-84569-770-9. Dostupné z: doi:10.1533/9780857093646.2.181
- [30] CEFF | Certified E-Friendly Food. *Potraviny a doplňky stravy bez zbytečné chemie* [online]. Dostupné z: <https://www.ceff.info/cz/additives/>
- [31] MANLEY, D. Yeast and enzymes as biscuit ingredients. In: *Manley's Technology of Biscuits, Crackers and Cookies* [online]. B.m.: Elsevier, 2011, s. 209–215. ISBN 978-1-84569-770-9. Dostupné z: doi:10.1533/9780857093646.2.209
- [32] TKACHENKO, A. a I. PAKHOMOVA. Consumer properties improvement of sugar cookies with fillings with non-traditional raw materials with high biological value. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies* [online]. 2016, **3**(11(81)), 54–61. ISSN 1729-4061. Dostupné z: doi:10.15587/1729-4061.2016.70950
- [33] MANLEY, D. Dried fruits and nuts as biscuit ingredients. In: *Manley's Technology of Biscuits, Crackers and Cookies* [online]. B.m.: Elsevier, 2011, s. 200–208. ISBN 978-1-84569-770-9. Dostupné z: doi:10.1533/9780857093646.2.200
- [34] *Food Data Central* [online]. Dostupné z: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/170568/nutrients>

- [35] NESRSTA, D., T. JAN a M. HANČ. *Drobné ovoce a skořápkoviny: přes 140 barevných fotografií a popisů odrůd*. Olomouc: Baštan, 2013. ISBN 978-80-87091-40-1.
- [36] WHITELEY, P. R. Fruits and nuts. In: P. R. WHITELEY, ed. *Biscuit Manufacture: fundamentals of in-line production* [online]. Boston, MA: Springer US, 1971, s. 59–68. ISBN 978-1-4615-2037-5. Dostupné z: doi:10.1007/978-1-4615-2037-5_6
- [37] FERNANDES, Luana, Susana CASAL a José Alberto PEREIRA. Edible flowers: A review of the nutritional, antioxidant, antimicrobial properties and effects on human health. *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. 2017, **60**, 38–50. ISSN 0889-1575. Dostupné z: doi:10.1016/j.jfca.2017.03.017
- [38] PIRES, T. C. S. P., L. BARROS, C. SANTOS-BUELGA a Isabel C. F. R. FERREIRA. Edible flowers: Emerging components in the diet. *Trends in Food Science & Technology* [online]. 2019, **93**, 244–258. ISSN 0924-2244. Dostupné z: doi:10.1016/j.tifs.2019.09.020
- [39] How to Make Pansy Topped Shortbread Cookies. *The View from Great Island* [online]. 5. srpen 2019. Dostupné z: <https://theviewfromgreatisland.com/how-to-make-pansy-topped-shortbread-cookies-recipe/>
- [40] MLCEK, J. a O. ROP. Fresh edible flowers of ornamental plants – A new source of nutraceutical foods. *Trends in Food Science & Technology* [online]. 2011, **22**(10), EFFoST 2010 Annual Meeting, 561–569. ISSN 0924-2244. Dostupné z: doi:10.1016/j.tifs.2011.04.006
- [41] DOESCHER MILLER, L. a C. WRIGLEY. COOKIES, BISCUITS, AND CRACKERS | Methods of Manufacture. In: *Encyclopedia of Grain Science* [online]. B.m.: Elsevier, 2004, s. 295–300. ISBN 978-0-12-765490-4. Dostupné z: doi:10.1016/B0-12-765490-9/00226-3
- [42] DOESCHER MILLER, L. BISCUITS, COOKIES, AND CRACKERS | Methods of Manufacture. In: B. CABALLERO, ed. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition)* [online]. Oxford: Academic Press, 2003, s. 528–532. ISBN 978-0-12-227055-0. Dostupné z: doi:10.1016/B0-12-227055-X/00104-8
- [43] CLARK, H. a D. MANLEY. Mixing and premixes in biscuit manufacture. In: Duncan MANLEY, ed. *Manley's Technology of Biscuits, Crackers and Cookies (Fourth Edition)* [online]. B.m.: Woodhead Publishing, 2011, Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, s. 410–426. ISBN 978-1-84569-770-9. Dostupné z: doi:10.1533/9780857093646.4.410
- [44] DAVIDSON, I., ed. Chapter 5 - Dough Piece Forming: Biscuit Cutting Machine. In: I. DAVIDSON, ed. *Biscuit, Cookie and Cracker Production (Second Edition)* [online]. B.m.: Academic Press, 2019, s. 45–57. ISBN 978-0-12-815579-0. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-815579-0.00005-2
- [45] CAUVAIN, S. P. Cookies, Biscuits and Crackers: Formulation, Processing and Characteristics. In: C. WRIGLEY, H. CORKE, K. SEETHARAMAN a J. FAUBION, ed. *Encyclopedia of Food Grains (Second Edition)* [online]. Oxford: Academic Press,

- 2016, s. 37–43. ISBN 978-0-12-394786-4. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-394437-5.00119-4
- [46] DAVIDSON, I., ed. Chapter 7 - Dough Piece Forming: Rotary Moulding. In: I. DAVIDSON, ed. *Biscuit, Cookie and Cracker Production (Second Edition)* [online]. B.m.: Academic Press, 2019, s. 63–66. ISBN 978-0-12-815579-0. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-815579-0.00007-6
- [47] CLARK, H. a D. MANLEY. Rotary moulding in biscuit manufacture. In: Duncan MANLEY, ed. *Manley's Technology of Biscuits, Crackers and Cookies (Fourth Edition)* [online]. B.m.: Woodhead Publishing, 2011, Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, s. 453–466. ISBN 978-1-84569-770-9. Dostupné z: doi:10.1533/9780857093646.4.453
- [48] DI CAIRANO, M., F. GALGANO, R. TOLVE, M. C. CARUSO a N. CONDELLI. Focus on gluten free biscuits: Ingredients and issues. *Trends in Food Science & Technology* [online]. 2018, **81**, 203–212. ISSN 0924-2244. Dostupné z: doi:10.1016/j.tifs.2018.09.006
- [49] KORUS, Anna, Dorota GUMUL, Magdalena KRYSZYJAN, Lesław JUSZCZAK a Jarosław KORUS. Evaluation of the quality, nutritional value and antioxidant activity of gluten-free biscuits made from corn-acorn flour or corn-hemp flour composites. *European Food Research and Technology* [online]. 2017, **243**(8), 1429–1438 [vid. 2019-03-15]. ISSN 1438-2385. Dostupné z: doi:10.1007/s00217-017-2853-y
- [50] VALITUTTI, F., D. IORFIDA, C. ANANIA, Ch. M. TROVATO, M. MONTUORI, S. CUCCHIARA a C. CATASSI. Cereal Consumption among Subjects with Celiac Disease: A Snapshot for Nutritional Considerations. *Nutrients* [online]. 2017, **9**(4), 396. Dostupné z: doi:10.3390/nu9040396
- [51] *celiak.cz* [online]. Dostupné z: <https://www.celiak.cz/o-nemoci/celiakie>
- [52] JNAWALI, P., V. KUMAR a B. TANWAR. Celiac disease: Overview and considerations for development of gluten-free foods. *Food Science and Human Wellness* [online]. 2016, **5**(4), 169–176. ISSN 2213-4530. Dostupné z: doi:10.1016/j.fshw.2016.09.003
- [53] Nařízení EU o požadavcích na poskytování informací o sníženém obsahu lepku. *Informační Centrum Bezpečnosti Potravin.cz* [online]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/narizeni-eu-o-pozadavcich-na-poskytovani-informaci-o-snizenem-obsahu-lepku.aspx>
- [54] CAPONIO, F., C. SUMMO, M. L. CLODOVEO a A. PASQUALONE. Evaluation of the nutritional quality of the lipid fraction of gluten-free biscuits. *European Food Research and Technology* [online]. 2008, **227**(1), 135–139. ISSN 1438-2385. Dostupné z: doi:10.1007/s00217-007-0702-0
- [55] GAMBUŚ, H., F. GAMBUŚ, D. PASTUSZKA, P. WRONA, R. ZIOBRO, R. SABAT, B. MICKOWSKA, A. NOWOTNA a M. SIKORA. Quality of gluten-free supplemented cakes and biscuits. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* [online]. 2009, **60**(sup4), 31–50. ISSN 0963-7486. Dostupné z: doi:10.1080/09637480802375523

- [56] MANCEBO, C. M., P. RODRIGUEZ a M. GÓMEZ. Assessing rice flour-starch-protein mixtures to produce gluten free sugar-snap cookies. *LWT - Food Science and Technology* [online]. 2016, **67**, 127–132. ISSN 0023-6438. Dostupné z: doi:10.1016/j.lwt.2015.11.045
- [57] MANLEY, D. Meals, grits, flours and starches (other than wheat). In: *Manley's Technology of Biscuits, Crackers and Cookies* [online]. B.m.: Elsevier, 2011, s. 134–142. ISBN 978-1-84569-770-9. Dostupné z: doi:10.1533/9780857093646.2.134
- [58] MORE, K D, S V GHODKE a D H CHAVAN. Preparation of gluten free rice flour biscuits. *Food Science Research Journal*. 2013, 111–115.
- [59] *Mouka rýžová* | *Nutridatabaze.cz* [online]. Dostupné z: <https://www.nutridatabaze.cz/potraviny/?id=336#tab-2>
- [60] LUKIN, A. a K. BITIUTSKIKH. Investigation on the use of hemp flour in cookie production. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2017, **23**, 664–667.
- [61] SAAD, Y. Biscuit, cracker and cookie recipes for the food industry. *yasser saad* [online]. nedatováno. Dostupné z: https://www.academia.edu/40431055/Biscuit_cracker_and_cookie_recipes_for_the_food_industry
- [62] MAN, S. M., A. PAUCEAN a S. MUSTE. Preparation and Quality Evaluation of Gluten-Free Biscuits. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Food Science and Technology* [online]. 2014, **71**(1), 38. ISSN 2344-5300, 2344-2344. Dostupné z: doi:10.15835/buasvmcn-fst:10080
- [63] STANTIAL, S. E. a L. SERVENTI. Nutritional and sensory challenges of gluten-free bakery products: a review. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* [online]. 2018, **69**(4), 427–436. ISSN 0963-7486. Dostupné z: doi:10.1080/09637486.2017.1378626
- [64] SUMCZYNSKI, D., K. ŠTASTNÁ, I. BUREŠOVÁ a T. KOLÁČKOVÁ. Směs na výrobu sušenek a trvanlivého pečiva s přidavkem nutričních surovin. Česká republika. Užité vzor CZ 33013 U1.
- [65] LEACH, K G. Měření vlhkosti při výrobě sušenek. *Measurement and Control* [online]. 1990, **23**(7), 198–201 [vid. 2020-05-01]. ISSN 0020-2940. Dostupné z: doi:10.1177/002029409002300703
- [66] RADOČAJ, O., E. DIMIĆ a R. TSAO. Effects of Hemp (*Cannabis sativa* L.) Seed Oil Press-Cake and Decaffeinated Green Tea Leaves (*Camellia sinensis*) on Functional Characteristics of Gluten-Free Crackers. *Journal of Food Science* [online]. 2014, **79**(3), C318–C325. ISSN 1750-3841. Dostupné z: doi:10.1111/1750-3841.12370
- [67] *Žluknutí – Společnost pro výživu* [online]. Dostupné z: <https://www.vyzivaspol.cz/zluknuti/>
- [68] ARENDT, Elke K. a E. ZANNINI. *Cereal Grains for the Food and Beverage Industries*. B.m.: Elsevier, 2013. ISBN 978-0-85709-892-4.

- [69] KVAPIL, P. Vlákny máme málo. Doplníte si ji. *www.vimcojim.cz* [online]. Dostupné z: https://www.vimcojim.cz/magazin/clanky/o-vyzive/Vlaskniny-mame-malo.-Doplnte-si-ji__s10010x8118.html
- [70] SUMCZYNSKI, D., Z. BUBELOVA, J. SNEYD, S. ERB-WEBER a J. MLCEK. Total phenolics, flavonoids, antioxidant activity, crude fibre and digestibility in non-traditional wheat flakes and muesli. *Food Chemistry* [online]. 2015, **174**, 319–325. ISSN 0308-8146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2014.11.065

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

BHA	Butylhydroxyanisol
BHT	Butylhydroxytoluen
BLP	Bezlepkový výrobek
CF	Crude Fiber – Hrubá vláknina
ČSN	Česká technická norma
DMD	Dry Matter Digestibility – Stravitelnost sušiny
GI	Glykemický index
GMS	Glycerol monostearát
HOSO	Slunečnicový olej s vysokým obsahem kyseliny olejové
MK	Mastné kyseliny
NDF	Neutral Detergent Fiber – Neutrálně-detergentní vláknina
NDR	Neutrálně-detergentní roztok
OMD	Organic Matter Digestibility – Stravitelnost organické hmoty
PE	Polyethylen
PUFA	Polynenasycené mastné kyseliny
SD	Směrodatná odchylka
TBHQ	Terciální butylhydrochinon
TDF	Total Dietary Fiber – Celková vláknina
USDA	Americké ministerstvo zemědělství
ÚZEI	Ústav zemědělské ekonomiky a informací

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Sušenka z tvrdého těsta	13
Obrázek 2: Sušenka z krátkého těsta.....	14
Obrázek 3: Sušenka z měkkého těsta.....	15
Obrázek 4: Obecné schéma výroby sušenek.....	26
Obrázek 5: Schéma vypichování sušenek.....	28
Obrázek 6: Schéma lisování sušenek.....	29
Obrázek 7: Schéma vytlačování sušenek.....	30
Obrázek 8: Fyzikální změny během pečení.....	32
Obrázek 9: Vzorek číslo 1	56
Obrázek 10: Vzorek číslo 2	56
Obrázek 11: Vzorek číslo 3.....	56
Obrázek 12: Vzorek číslo 4.....	56
Obrázek 13: Vzorek číslo 5.....	57
Obrázek 14: Vzorek číslo 6.....	57
Obrázek 15: Vzorek číslo 7.....	57
Obrázek 16: Vzorek číslo 8.....	57

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Receptury vzorků sušenek s netradiční surovinovou skladbou	45
Tabulka 2A: Výsledky obsahu vlhkosti a popela v sušině u analyzovaných vzorků sušenek s lepkem	59
Tabulka 2B: Výsledky obsahu vlhkosti a popela v sušině u analyzovaných vzorků bezlepkových sušenek.....	61
Tabulka 3A: Výsledky obsahu škrobu, lipidů a hrubé bílkoviny v sušině u analyzovaných vzorků sušenek s lepkem	62
Tabulka 3B: Výsledky obsahu škrobu, lipidů a hrubé bílkoviny v sušině u analyzovaných vzorků bezlepkových sušenek.....	64
Tabulka 4A: Výsledky obsahu vlákniny v sušině u analyzovaných vzorků sušenek s lepkem	64
Tabulka 4B: Výsledky obsahu vlákniny v sušině u analyzovaných vzorků bezlepkových sušenek.....	67
Tabulka 5A: Výsledky stanovení DMD a OMD u analyzovaných vzorků sušenek s lepkem	66
Tabulka 5B: Výsledky stanovení DMD a OMD u analyzovaných vzorků bezlepkových sušenek.....	68