

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická

Lyofilizované kysané zelí jako aktivní přísada do pekařských výrobků

Diplomová práce

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Anna Liberská**
Osobní číslo: **C20507**
Studijní program: **N0531A130030 Hodnocení a analýza potravin**
Téma práce: **Lyofilizované kysané zelí jako aktivní přísada do pekařských výrobků**
Zadávací katedra: **Katedra analytické chemie**

Zásady pro vypracování

1. S využitím databází vědeckých periodik a odborných knih vypracovat přehled o výrobě kysaného zelí, obsahu biologicky aktivních látek, a jeho vlivu na zdraví člověka. Popsat metodu lyofilizace, zdůraznit její výhody a nevýhody. Zpracovat literární přehled o možnostech obohacení pekařských výrobků dalšími funkčními materiály.
2. Experimentálně ověřit možnost přidavku sušeného kysaného zelí do modelového pekařského produktu a zhodnotit přínos z hlediska obsahu základních živin a biologicky aktivních látek.
3. Výsledky statisticky zpracovat a kriticky zhodnotit s ohledem na dosavadní publikované závěry.

Rozsah pracovní zprávy:
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

Podle pokynů vedoucího práce.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Libor Červenka, Ph.D.**
Katedra analytické chemie

Konzultant diplomové práce: **MSc. Sali Muriqi**
Katedra analytické chemie

Datum zadání diplomové práce: **7. února 2022**

Termín odevzdání diplomové práce: **6. května 2022**

L.S.

prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.
děkan

prof. Ing. Karel Ventura, CSc.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 21. února 2022.

PROHLÁŠENÍ

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

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

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 2. 5. 2022

Bc. Anna Liberská v. r.

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji svému vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Liboru Červenkovi, Ph.D. za cenné rady, vynaložený čas, trpělivost a konzultace při zpracování této diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Michaele Frühbauerové za její čas, vstřícnost a pomoc při realizaci experimentu. Poděkování patří i mé rodině a přátelům, kteří mě podporovali v průběhu celého studia.

ANOTACE

Cílem této diplomové práce bylo zhodnotit význam obohacení modelového pekařského výrobku o prášek z lyofilizovaného kysaného zelí (LKZ) jak z pohledu nutričních hodnot, tak i sensorických vlastností. Modelový pekařský výrobek, v tomto případě sušenka, byl obohacen přídatkem 0, 1, 5, 10 a 15 % prášku z LKZ. Průměr sušenek se s přídatkem prášku z LKZ zvyšoval, zatímco výška sušenek se neměnila. Aktivita vody drcených sušenek se pohybovala v rozmezí 0,584–0,714 a celých sušenek v rozmezí 0,456–0,537. Výsledky analýzy ukázaly, že s přídatkem prášku z LKZ se zvýšil obsah vlákniny (0,08–0,38 %), tuku (0,17–0,40 %), soli (1,02–2,69 %), vlhkosti (6,81–7,36 %) a snížil se obsah sacharidů (47,70–38,52 %). Na průměrný obsah bílkovin (13,12 %) neměl přídatkem prášku z LKZ vliv. Přídatkem prášku z LKZ se zvyšoval i obsah vitamínu C (0,4–11,8 mg), volných fenolických látek (3,6–9,0 mg), vázaných fenolických látek (28,6–45,6 mg) a volných flavonoidů (0,2–2,4 mg) na 100 g sušenek. Výsledky sensorického hodnocení celkové chuti ukázaly, že sušenka s 15% přídatkem prášku z LKZ vykazuje horší výsledek oproti ostatním obohateným sušenkám, které byly hodnoceny jako dobré. Konzistence všech sušenek byla posuzovateli hodnocena jako dobrá.

KLÍČOVÁ SLOVA

Kysané zelí, fortifikace, obohacení, pekařské výrobky, sušenka, nutriční složení

TITLE

Freeze-dried sauerkraut as an active ingredient in bakery products

ANNOTATION

The aim of this diploma thesis was to evaluate the effect of the addition of lyophilized sauerkraut (LKZ) on the quality of model bakery product (cookies). It was enriched by addition of 0, 1, 5, 10 and 15% LKZ powder. The diameter of the cookies increased with the increase of LKZ powder level, while the height of the cookies did not change. The water activity of the crushed cookies ranged from 0.584–0.714 and the whole cookies ranged from 0.456–0.537. The results of the analysis showed that the content of fiber (0.08–0.38%), fat (0.17–0.40 %), salt (1.02–2.69 %), and humidity (6.81–7.36 %) increased with the increase of LKZ powder while the content of carbohydrate (47.70–38.52 %) decreased. The average protein content (13.12 %) was not affected by the addition of LKZ powder. The content of vitamin C (0.40–11.8 mg), free phenolic substances (3.60–9.00 mg), bound phenolic substances (28.6–45.6 mg) and free flavonoids (0.20–2.40 mg) per 100 g of cookies also increased with the increase of sauerkraut powder. The sensory evaluation showed that the overall taste of the cookies with 15% of LKZ powder was less acceptable compared to other enriched cookies. The consistency of all cookies was rated as good by the assessors.

KEYWORDS

Sauerkraut, fortification, enrichment, bakery products, cookies, nutritional composition

OBSAH

ÚVOD	15
1 TEORETICKÁ ČÁST	16
1.1 Hlávkové zelí	16
1.1.1 Historie	16
1.1.2 Botanický popis	17
1.1.3 Chemické složení.....	18
1.2 Kysané zelí	19
1.2.1 Výroba kysaného zelí	19
1.2.2 Kysané zelí vs. syrové zelí	21
1.3 Lyofilizace rostlinného materiálu	23
1.3.1 Proces lyofilizace.....	23
1.3.2 Výhody a nevýhody lyofilizace.....	25
1.3.3 Konvekční sušení vs. lyofilizace	25
1.4 Fortifikace pekařských výrobků.....	28
1.4.1 Kynuté pekařské výrobky	28
1.4.2 Nekynuté pekařské výrobky	31
1.5 Metody stanovení.....	35
1.5.1 Aktivita vody	35
1.5.2 Vlhkost	35
1.5.3 Barevnost.....	36
1.5.4 Sacharidy	38
1.5.4.1 Vláknina	38
1.5.5 Tuky.....	39
1.5.6 Bílkoviny	40
1.5.7 Sůl.....	40
1.5.8 Antioxidanty	41

1.5.8.1 Fenolické látky	42
1.5.8.2 Vitamín C	43
1.5.9 Prvková analýza pomocí atomová absorpční spektrometrie	44
1.6 Senzorická analýza	45
2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	47
2.1 Přístroje a pomůcky	47
2.2 Použité chemikálie	48
2.3 Úprava kysaného zelí	50
2.4 Příprava sušenek	50
2.5 Měření rozměrů sušenek	50
2.6 Měření aktivity vody	51
2.7 Měření vlhkosti	51
2.8 Měření barevnosti	51
2.9 Stanovení celkového obsahu vlákniny	51
2.10 Stanovení obsahu tuku	53
2.11 Stanovení obsahu bílkovin	53
2.12 Stanovení obsahu sacharidů	53
2.13 Stanovení obsahu solí	53
2.14 Stanovení antioxidačních vlastností	54
2.14.1 Extrakce volných fenolických látek	54
2.14.2 Extrakce vázaných fenolických látek	54
2.14.3 Stanovení celkového obsahu fenolických látek	55
2.14.4 Stanovení antioxidační aktivity metodou s DPPH	55
2.14.5 Stanovení obsahu flavonoidů	56
2.15 Stanovení obsahu vitamínu C	57
2.16 Prvková analýza pomocí ICP-MS	57
2.17 Senzorická analýza	58

2.18 Zpracování dat.....	59
3 VÝSLEDKY A DISKUZE	60
3.1 Nutriční složení prášku z lyofilizovaného kysaného zelí.....	60
3.1.1 Antioxidační vlastnosti	60
3.2 Vlastnosti sušenek s přidavkem prášku z lyofilizovaného kysaného zelí.....	62
3.2.1 Barevnost.....	64
3.2.2 Celkový obsah vlákniny	65
3.2.3 Obsah tuku.....	66
3.2.4 Obsah bílkovin.....	67
3.2.5 Obsah sacharidů.....	68
3.2.6 Obsah soli	69
3.2.7 Antioxidační vlastnosti	70
3.2.8 Prvková analýza.....	73
3.3 Senzorická analýza.....	75
4 ZÁVĚR	77
5 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	79
6 PŘÍLOHY	90

SEZNAM ILUSTRACÍ

Obrázek 1: Odrůdy zelí; převzato a upraveno z: [6] 1 - savojské zelí, 2 - červené zelí, 3 - bílé zelí	16
Obrázek 2: Jednoletá rostlina hlávkového zelí; převzato z: [9].....	17
Obrázek 3: Dvouletá rostlina hlávkového zelí; převzato z: [10]	18
Obrázek 4: Kysané zelí; převzato z: [19].....	19
Obrázek 5: Schéma technologie výroby kysaného zelí; převzato a upraveno z: [23]	20
Obrázek 6: Ilustrační graf průběhu lyofilizace; převzato a upraveno z: [34]	24
Obrázek 7: Fázový diagram vody; převzato z: [36]	24
Obrázek 8: Fortifikace chleba 0, 5 a 10 % prášku z hroznových výlisků; převzato a upraveno z: [42] (a) kůrka chleba, (b) střídka chleba	29
Obrázek 9: Semena, listy a prášek ze semen rostliny Moringy olejodárné; převzato z: [44]...29	
Obrázek 10: Nevyužitý vedlejší produkt při průmyslovém lisování citrusových plodů – „pastazzo“; převzato z: [47]	31
Obrázek 11: Calocybe indica; převzato z: [49]	32
Obrázek 12: Fortifikace sušenek moukou z nepražených a pražených zbytků zelené kávy; převzato a upraveno z: [50]	32
Obrázek 13: Vnitřní a vnější vzhled kontrolního muffinu a muffinů obohacených moukou z odtučněných slunečnicových semínek; převzato z: [51].....	33
Obrázek 14: Vertikální řez muffinů obsahujících různá množství vlákniny z prášku z vnějších listů čínského zelí; převzato z: [52] (a) 0 % - kontrolní vzorek, (b) 1 %, (c) 2 %, (d) 3 %, (e) 4 %	34
Obrázek 15: Zobrazení barevného prostoru; převzato z: [58]	37
Obrázek 16: Celkový obsah vlákniny v sušenkách s přidavkem prášku z lyofilizovaného kysaného zelí (průměrná hodnota ± směrodatná odchylka, N = 2).....	65
Obrázek 17: Obsah tuku v sušenkách s přidavkem prášku z lyofilizovaného kysaného zelí (průměrná hodnota ± směrodatná odchylka, N = 2).....	66
Obrázek 18: Obsah bílkovin v sušenkách s přidavkem prášku z lyofilizovaného kysaného zelí (průměrná hodnota ± směrodatná odchylka, N = 2).....	67
Obrázek 19: Obsah sacharidů v sušenkách s přidavkem prášku z lyofilizovaného kysaného zelí (N = 1)	68
Obrázek 20: Obsah soli v sušenkách s přidavkem prášku z lyofilizovaného kysaného zelí (průměrná hodnota ± směrodatná odchylka, N = 2).....	69

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Porovnání nutričních hodnot na 100 g syrového a kysaného zelí; převzato a upraveno z: [25; 26]	22
Tabulka 2: Stupnice udávající stupeň neshody dvou barev; převzato z: [61]	37
Tabulka 3: Změna receptury pro výrobu fortifikovaných sušenek práškem z kysaného zelí...50	
Tabulka 4: Teplotní program mikrovlnné mineralizace	58
Tabulka 5: Obsah fenolických látek, flavonoidů, vitamínu C a antioxidační kapacita prášku z lyofilizovaného kysaného zelí (průměrná hodnota ± směrodatná odchylka, N = 4).....	61
Tabulka 6: Fyzikální vlastnosti sušenek s přidavkem prášku z lyofilizovaného kysaného zelí (průměrná hodnota ± směrodatná odchylka, průměr a výška sušenek N = 5, aktivita vody a vlhkost N = 3)	62
Tabulka 7: Hodnoty barevnosti sušenek s přidavkem prášku z lyofilizovaného kysaného zelí (průměrná hodnota ± směrodatná odchylka, N = 10).....	64
Tabulka 8: Antioxidační vlastnosti sušenek s přidavkem prášku z lyofilizovaného kysaného zelí (průměrná hodnota ± směrodatná odchylka, N = 4).....	72
Tabulka 9: Obsah minerálních látek v sušenkách s přidavkem prášku z lyofilizovaného kysaného zelí (průměrná hodnota ± směrodatná odchylka, N = 3).....	74
Tabulka 10: Senzorické hodnocení celkové chuti a konzistence sušenek s přidavkem 1, 5, 10 a 15 % prášku z lyofilizovaného kysaného zelí	75

SEZNAM ZKRATEK

AAPM	metoda využívající 4-aminoantipyrin (Method using 4-aminoantipyrine)
AAS	atomová absorpční spektrometrie (Atomic absorption spectrometry)
ABTS ⁺	radikálový kation 2,2-azinobis(3-ethyl-2,3-dihydrobenzothiazol-6-sulfonát)
a_w	aktivita vody (Available water)
CE	kapilární elektroforéza (Capillary electrophoresis)
CUPRAC	zkouška antioxidační aktivity na redukci mědi (Cupric reducing antioxidant capacity assay)
CV-AAS	metoda studených par (Cold vapour atomic absorption spectrometry)
DPPH	2,2-difenyl-1-pikrylhydrazyl
ET-AAS	atomová absorpční spektrometrie s elektrotermickou atomizací (Electrothermal atomization atomic absorption spectrometry)
f.	forma
FL-AAS	atomová absorpční spektrometrie s atomizací v plameni (Flame atomization atomic absorption spectrometry)
FRAP	zkouška antioxidační aktivity na redukci železa (Ferric reducing antioxidant power assay)
GC-FID	plynová chromatografie s plamenově ionizačním detektorem (Gas chromatography - flame ionization detection)
GC-MS	plynová chromatografie s hmotnostním detektorem (Gas chromatography - mass spectrometry)
HCL	výbojka s dutou katodou (Hollow cathode lamp)
HG-AAS	hydridová atomová absorpční spektrometrie (Hydride generation atomic absorption spectrometry)
HPLC-DAD	vysokoúčinná kapalinová chromatografie s diodovým polem (High-performance liquid chromatography – diode array detection)

HPLC-MS	vysokoúčinná kapalinová chromatografie s hmotnostním detektorem (High-performance liquid chromatography – mass spectrometry)
HPLC-PDA	vysokoúčinná kapalinová chromatografie s fotodiodovým polem (High-performance liquid chromatography - photodiode array detection)
HPLC-UV	vysokoúčinná kapalinová chromatografie s UV detekcí (High-Performance Liquid Chromatography-Ultraviolet)
ICP-MS	hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (Inductively coupled plasma mass spectrometry)
L.	Linné - botanik, který rostlinu popsal
LKZ	lyofilizované kysané zelí
NADH	nikotinamidadenindinukleotid
NADPH	nikotinamidadenindinukleotidfosfát
ORAC	test absorpční kapacity kyslíkových radikálů (Oxygen radical absorbance capacity)
PBM	metoda podle Price a Butlera (Method according to Price and Butler)
sub.	poddruh (subspecies)
TDF	celkový obsah vlákniny (Total Dietary Fiber)
TEAC	test ekvivalentní antioxidační kapacity Troloxu (Trolox equivalent antioxidant capacity assay)
TLC	chromatografie na tenké vrstvě (Thin layer chromatography)
TPC	celkový obsah fenolů (Total phenolic content)
TPTZ	2,4,6-tri(2-pyridyl-1,3,5-triazin)
UHPLC–MS/MS	ultravysokoúčinná kapalinová chromatografie s tandemovou hmotnostní detekcí (Ultra-high performance liquid chromatography -tandem mass spectrometry)
var.	varieta

ÚVOD

Mezi nejdůležitější složky lidské stravy patří mimo jiné ovoce a zelenina. Vzhledem ke svým nutričním hodnotám je v lidské stravě nepostradatelná čeleď *Brassicaceae*. Jedná se o rozmanitou skupinu zeleniny, která zahrnuje plodiny jako je květák, zelí, růžičková kapusta, brokolice, tuřín či kedlubny. *Brassica oleracea var. capitata* neboli hlávkové zelí je mimořádně cenným zdrojem vitamínů, především vitamínu C, antioxidantů, minerálních látek a vlákniny. Zelí navíc obsahuje sekundární metabolity (glukosinoláty) a aminokyseliny, které mají protizánětlivý a protirakovinný účinek.

Tradiční konzervací hlávkového zelí je fermentace, jejíž popularita je na vzestupu díky prokazatelným pozitivním účinkům na lidské zdraví. Přítomné bakterie mléčného kvašení produkují vitamíny, organické kyseliny, bakteriociny, aromatické sloučeniny a současně prodlužují trvanlivost, a především zvyšují nutriční hodnoty produktu. Podstatnou výhodou je lepší biologická dostupnost vitamínů a minerálů, snadnější stravitelnost sacharidů a bílkovin a probiotické účinky.

V poslední době, se čím dál častěji setkáváme s obohacováním potravin o různé složky. Jedná se o zvyšování obsahu živin jako jsou bílkoviny, vláknina, antioxidanty, vitamíny nebo minerální látky. Důvodů fortifikace potravin je několik, avšak nejčastějším je nedostatek některých živin v potravinách, snaha o zvýšení příjmu těchto živin v populaci či dnes velice populární využití zemědělsko-potravinářských vedlejších produktů za účelem snížení průmyslového odpadu a podpory ekonomiky. Takto obohacené potraviny se označují jako funkční potraviny, jelikož obsahují větší množství biologicky aktivních látek oproti původní podobě. Konzumace těchto potravin představuje prevenci před vznikem některých onemocnění, která jsou spojena s nízkým výskytem živin ve stravě.

Cílem této práce bylo zhodnotit význam obohacení modelového pekařského výrobku o prášek z lyofilizovaného kysaného zelí jak z pohledu nutričních hodnot, tak i sensorických vlastností. Pro tento experiment byly upečeny sušenky z hladké pšeničné mouky, které byly obohaceny 1, 5, 10 a 15 % připraveného prášku.

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 Hlávkové zelí

Hlávkové zelí, latinsky *Brassica oleracea* var. *capitata* (L.), je brukvovitá plodina pocházející z oblasti Středozemního moře, která se dnes pěstuje a konzumuje po celém světě, a to jak pro své ekonomické, tak pro zdraví prospěšné hodnoty [1; 2]. V roce 2018 byla celosvětová produkce zelí odhadována na necelých 70 milionů tun vypěstované na 2,5 milionech ha [2]. Zelí se řadí do čeledi brukvovité (*Brassicaceae*), do které spadají i jiné plodiny jako je květák, růžičková kapusta, brokolice, tuřín, pekingské zelí, či kedlubny [2–4]. Největšími producenty zelí na světě jsou Čína, Indie a Pákistán nebo Polsko [3]. Pro vysokou produkci vyžaduje zelí chladné a vlhké klima. Celková délka vegetačního období se pohybuje mezi 90–200 dny v závislosti na klimatu, odrůdě a době výsadby [5].

Mezi nejvýznamnější odrůdy zelí (var. *capitata*) patří bílé (var. *capitata* f. *alba*) a červené (var. *capitata* f. *rubra*). Mezi méně známé patří zelí savojské (var. *capitata* f. *sabauda*) a bílé kuželovité zelí (var. *capitata* f. *alba* sub. *conical*) (Obr. 1) [2].



Obrázek 1: Odrůdy zelí; převzato a upraveno z: [6] 1 - savojské zelí, 2 - červené zelí, 3 - bílé zelí

1.1.1 Historie

Zelí pochází z divokých druhů rostoucích na evropských pobřežích Atlantiku a Středozemního moře. Filozof Aristoteles (384–322 př. n. l.) jedl zelí před pitím alkoholu, aby víno „neomámilo jeho moudrou akademickou hlavu“ [4]. Avšak domestikace zelí se shoduje s rozvojem lidské kultury a civilizace ve starověkém Egyptě a Římské říši, kde zelí nejdříve používali jako léčivou rostlinu a později jako zeleninu [7]. Je známo, že zelí se konzumovalo napříč sociálními

vrstvami, od Caesara po otroky, na podporu trávení a v posledních staletích i jako prevence proti kurdějím [4]. V tradiční řecké, římské a egyptské medicíně bylo zelí známo také jako „lék pro chudé“ a bylo používáno pro všeobecné zlepšení kvality zdraví a léčbu různých zánětů, gastrointestinálních problémů nebo čištění krve [2; 4].

1.1.2 Botanický popis

Hlávkové zelí je dvouletá listová zelenina zelené nebo fialové barvy, která se pěstuje jako jednoletá rostlina (Obr. 2) [8]. Sazenice zelí mají tenký kulovitý kořen a děložní lístek ve tvaru srdce. První listy tvořící růžici mají vejčitý tvar a dlouhý řapík, zatímco nově vyrůstající listy mají kratší řapík a stáčejí se do tvaru tzv. hlávky [4]. Hlávkové zelí po dozrání vytváří pevnou listovou hlávku vážící 0,5–4,0 kg, která se sklízí a konzumuje [1; 4]. Po sklizni lze zelí skladovat po celý rok. Lze ho konzumovat v syrovém stavu v salátech, tepelně upravené nebo fermentované [2; 4].



Obrázek 2: Jednoletá rostlina hlávkového zelí; převzato z: [9]

Dvouletá rostlina zelí vykvetá a produkuje semena (Obr. 3). Květenstvím je nevětvený terminální hrozen se žlutými nebo bílými květy dosahující délky 50–100 cm. Každý květ má čtyři okvětní lístky, čtyři kolmo postavené kališní lístky, šest tyčinek a dvoupouzdrý semeník obsahující jednoduchou bliznu a čnělku. Plodem je šešule, která po dozrání obsahuje hnědá a černá kulatá semena. Rostliny jsou hmyzosprašné. Kořenový systém vzrostlých rostlin je mělký a vláknitý [4].



Obrázek 3: Dvouletá rostlina hlávkového zelí; převzato z: [10]

1.1.3 Chemické složení

Výhodou konzumace hlávkového zelí je vysoká nutriční hodnota plodiny týkající se obsahu vlákniny, cukrů, rozpustných proteinů, minerálních látek (Ca, P a K) a vitamínů (C, K, A). V zelí se také nachází fenolické sloučeniny, glukosinoláty, flavonoidy, antokyany, kumariny, karotenoidy, třísloviny, saponiny, alkaloidy, taniny, fytosteroly, terpeny a chlorofyly [1; 2].

Glukosinoláty, což jsou sekundární metabolity obsahující síru a dusík, snižují riziko výskytu chronických onemocnění a rakoviny [11]. Přítomná síra dodává brukvovité zelenině pronikavou vůni a nahořklou chuť. Hydrolýza glukosinolátů vede ke vzniku biologicky aktivních sloučenin jako jsou isothiokyanáty a indol-3-karbinol, které pak mohou inhibovat růst nádorů [12]. Fenolové sloučeniny, karotenoidy a vitamín C jsou obecně spojovány s antioxidační aktivitou [1].

Rostliny jsou citlivé na širokou škálu podnětů, vnitřních i vnějších, přičemž se může měnit metabolická aktivita a tím i chemické složení hlávkového zelí. Nutriční kvalita je také ovlivňována zemědělskými postupy, úpravami po sklizni a vařením. Chemické složení jednotlivých rostlin se může lišit v závislosti na fázi růstu nebo části rostliny. Zralé listy obsahují více polyfenolů a karotenoidů, zatímco výhonky mají vyšší hladinu glukosinolátů a jejich produktů hydrolýzy [1].

1.2 Kysané zelí

Kysané zelí je fermentovaný výrobek široce konzumovaný ve střední a východní Evropě (Obr. 4) [13]. Tento produkt je vyráběn tradičním způsobem spontánní fermentace nakrájených zelných listů obsahujících přirozenou mikrobiotu [14]. Fermentace se využívá již od starověku ke konzervaci potravin [15]. Proces kvašení probíhá za anaerobních podmínek s přidáním soli. Výroba a vlastnosti kysaného zelí jsou do značné míry závislé na přítomné mikrobiotě a fermentačních podmínkách [13]. Klíčovou roli hrají bakterie mléčného kvašení, které mají schopnost produkovat organické kyseliny, bakteriociny, vitamíny a aromatické sloučeniny, které ovlivňují aromaprofil fermentovaných potravin [13; 14]. Současně je také prokázáno, že bakterie mléčného kvašení prodlužují trvanlivost a zvyšují nutriční hodnotu produktu [16–18].



Obrázek 4: Kysané zelí; převzato z: [19]

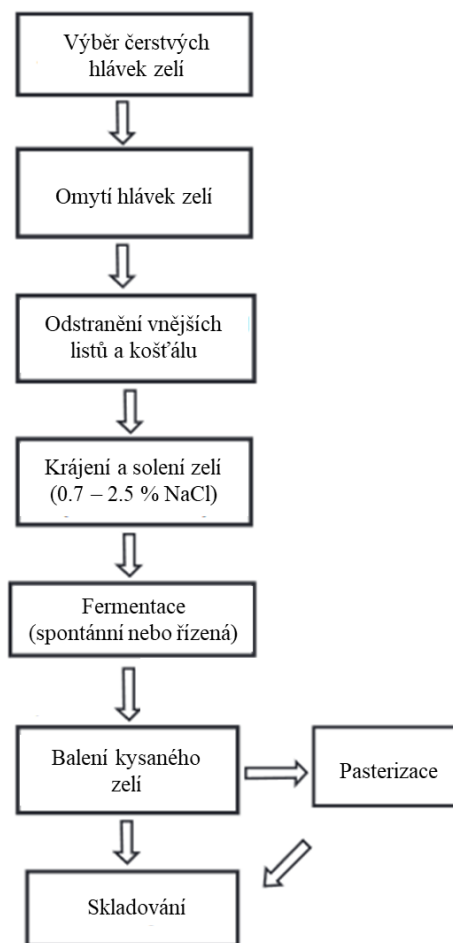
Na základě chuti je kysané zelí rozděleno do jakostních tříd, které se vyznačují slanými, kyselými a sirnými tóny. Chuť je dána složkami obsažených v surovinách, které procházejí změnami během fermentace a sloučeninami tvořenými mikroorganismy během mléčné nebo alkoholové fermentace. Chemické složení surovin má vliv na sensorický profil kysaného zelí [14; 17].

1.2.1 Výroba kysaného zelí

Fermentace je metabolický proces, při kterém dochází k přeměně sacharidů na alkoholy, organické kyseliny a další látky za účasti bakterií, kvasinek a jejich enzymů [15; 17]. Spontánní fermentace, která probíhá při výrobě kysaného zelí, je založena na přirozeně se vyskytujících bakteriích mléčného kvašení. Charakterizace a kontrola přirozeně se vyskytujících mikroorganismů je nezbytná pro sensorickou kvalitu a bezpečnost výrobku [20].

Pro výrobu kysaného zelí se využívají pevné zelné listy (Obr. 5). Nejprve je hlávka zelí omyta, poté jsou odstraněny vnější listy a košťál a následně je zelí nakrájeno a soleno. Sůl, která

se používá pro průmyslovou výrobu je obvykle nejodidovaná kamenná sůl bez obsahu kyseliny listové. V průmyslové výrobě se všeobecně předpokládá, že použití jodidované soli může způsobit inhibici růstu bakterií mléčného kvašení, které jsou důležité pro fermentační proces. Nakrájené zelí je namačkáno do fermentačních nádob, čímž dojde k narušení rostlinných buněk a uvolnění šťáv s živinami. Z vrchu je zelí zatíženo, aby bylo po celou dobu fermentace ponořeno ve slaném nálevu a nedošlo ke kontaktu zelí se vzduchem [21]. Někdy se k zelí před fermentací přidává startovací kultura za účelem urychlení fermentace, zabránění kontaminace cizí mikroflórou a standardizace senzoryckých vlastností [16; 18; 22].



Obrázek 5: Schéma technologie výroby kysaného zelí; převzato a upraveno z: [23]

Fermentace probíhající při 18–20 °C se dělí na tři fáze. První fáze trvá přibližně tři dny a převažuje v ní smíšená aerobní mikrobiota sestávající z gramnegativních bakterií (enterobakterie), bakterií octového kvašení, kvasinek a plísní. Tato mikrobiota využívá zbývající kyslík a je zodpovědná za produkci aromatických sloučenin, jako jsou různé organické kyseliny a estery. Druhá fáze trvá také přibližně tři dny a hlavními mikroorganismy jsou heterofermentativní laktobacily, jako jsou *Leuconostoc mesenteroides* a *Leuconostoc*

fallax, které rostou v anaerobním prostředí a vytvářejí přibližně 1 % kyseliny mléčné a kyselinu octovou [18; 20; 24]. Tyto kyseliny se v kyselém prostředí vyskytují v nedisociovaném stavu a působí tak antimikrobiálně [18]. Rychle snižují pH prostředí a inhibují růst nežádoucích mikroorganismů, které by mohly způsobit kažení [13; 22]. Poslední fáze trvá 3–5 týdnů a převažují v ní laktobacily tolerantnější ke kyselému prostředí jako je *Lactobacillus brevis* a *Lactobacillus plantarum* a koncentrace kyseliny mléčné stoupá na přibližně 1,5–2 % [13; 21; 24]. Zatímco *Lactobacillus plantarum* rychle produkuje kyseliny, které snižují pH a prodlužují trvanlivost výrobku, *Leuconostoc mesenteroides* je velmi důležitý pro vývoj chuti i konzervaci, jelikož produkuje kyselinu octovou [21].

Pasterizace kysaného zelí probíhá při teplotě 74–82 °C 3 minuty, a ještě teplé se plní do nádob, které se uzavrou a rychle ochladí. Nepasterizované kysané zelí je konzervováno benzoátem sodným nebo disiřičitanem draselným. Zelí je nejčastěji baleno do skleněných nádob, plechovek nebo pevných igelitových obalů [17].

1.2.2 Kysané zelí vs. syrové zelí

Popularita fermentovaných výrobků v dnešní době opět roste díky většímu množství informací o pozitivních účincích na lidské zdraví. Kromě prodloužení trvanlivosti potravinářských výrobků dochází při fermentaci ke změně organoleptických vlastností [13; 15; 24]. Fermentované potravinářské výrobky mají zdraví prospěšné vlastnosti jako je snadnější stravitelnost bílkovin a sacharidů, lepší biologická dostupnost vitamínů a minerálů, obsah antioxidantů a probiotické účinky, které přispívají ke stabilitě mikrobiomu [13–15; 20].

Zelí je dobrým zdrojem vlákniny, především celulózy a hemicelulózy, provitamínu A, vitamínu C a B₉, minerálů (Tab. 1), fenolických látek a biologicky aktivních sloučenin získaných z glukosinolátů – sirných glykosidů charakteristických pro zeleninu z čeledi brukvovité [14–16]. Po narušení rostlinných buněk během zpracování dochází k enzymatické degradaci glukosinolátů endogenní myrosinázou (thioglukosid glukohydroláza) na různé produkty. U glukobrasycinu vede enzymatická hydrolýza ke tvorbě indol-3-acetonitrilu nebo nestabilního isothiokyanátu, který se přemění na indol-3-karbinol. Alifatické a aryl glukosinoláty jsou hydrolyzovány především za tvorby isothiokyanátů, thiokyanátů a kyanidů. Průběh hydrolýzy glukosinolátů závisí na reakčních podmínkách, jako je pH, teplota a přítomnost kofaktorů [15].

Tabulka 1: Porovnání nutričních hodnot na 100 g syrového a kysaného zelí; převzato a upraveno z: [25; 26]

Nutriční hodnoty na 100 g			
		Syrové zelí	Kysané zelí
Energie [kJ]		103 (25 kcal)	78 (19 kcal)
Voda [g]		92.2	92.5
Sacharidy [g]		5.8	4.3
	Cukry	3.2	1.8
	Vláknina	2.5	2.9
Tuky [g]		0.1	0.1
Bílkoviny [g]		1.3	0.9
Vitamíny [mg]			
	Thiamin (B₁)	0.06	0.02
	Riboflavin (B₂)	0.04	0.02
	Niacin (B₃)	0.2	0.1
	Kyselina pantothenová (B₅)	0.2	0.1
	Pyridoxin (B₆)	0.1	0.1
	Foláty	0.043	0.024
	Vitamín C	37	15
	Vitamín K	0.076	0.013
Minerály [mg]			
	Draslík	170	170
	Vápník	40	30
	Fosfor	26	20
	Sodík	18	661
	Hořčík	12	13
	Železo	0.5	1.5
	Mangan	0.2	0.2
	Zinek	0.2	0.2
	Fluorid	0.001	0.007
	Selen	0.0003	0.0006

Během fermentace zelí se mimo zdraví prospěšných látek tvoří i sloučeniny, které mohou mít negativní vliv na lidské zdraví. Jedná se o biogenní aminy vznikající dekarboxylací aminokyselin. V kysaném zelí nejčastěji vzniká spermin, spermidin, tyramin, kadaverin, putrescin nebo histamin. Konzumace kysaného zelí obsahující biogenní aminy může způsobit intoxikaci projevující se nevolností, bolestmi hlavy, vyrážkou nebo změnami krevního tlaku [14].

1.3 Lyofilizace rostlinného materiálu

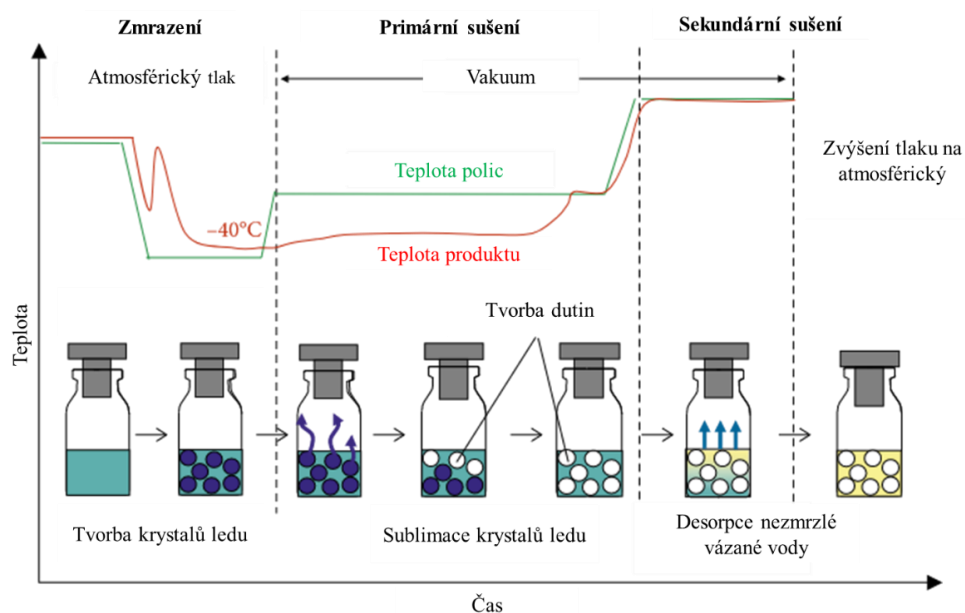
V současné době se často využívají alternativní možnosti konzervace zemědělských plodin za účelem omezení či zastavení procesu kažení a udržení požadovaných nutričních vlastností po celou dobu trvanlivosti produktu. Sušení je jedním z nejstarších, nejjednodušších, nejběžnějších a nákladově nejefektivnějších způsobů konzervování potravin všech druhů [27–29]. Výhodou sušení za nízkých teplot je zachování množství bioaktivních sloučenin srovnatelných se syrovým produktem [27]. Výsledkem jsou usušené produkty s vysokou nutriční hodnotou, které lze používat jako aditivum obohacující potravinářské výrobky [29].

Alternativním způsobem odstranění přebytečné vody z potravin je metoda sušením mrazem [30]. Sušení mrazem neboli lyofilizace je výhodná pro sušení potravin, které obsahují tepelně nestabilní sloučeniny, jelikož lyofilizace je prováděna za nízkých teplot a ve vakuu. Tyto podmínky jsou vhodné pro sušení zeleniny nebo ovoce, přičemž je zachována většina bioaktivních látek, senzoričkových vlastností a nutričních hodnot ve finálních suchých produktech [29; 31; 32]. Vzhledem k odstranění vody a nízké teplotě potřebné pro proces je tepelná degradace bioaktivních látek téměř zastavena [29]. Bylo prokázáno, že lyofilizované bobuloviny po dlouhodobém skladování a navzdory působení kyslíku měly stále ve větší míře zachovány antioxidační vlastnosti [30].

1.3.1 Proces lyofilizace

Během procesu lyofilizace dochází k odstranění vody ve třech krocích (Obr. 6) [33]:

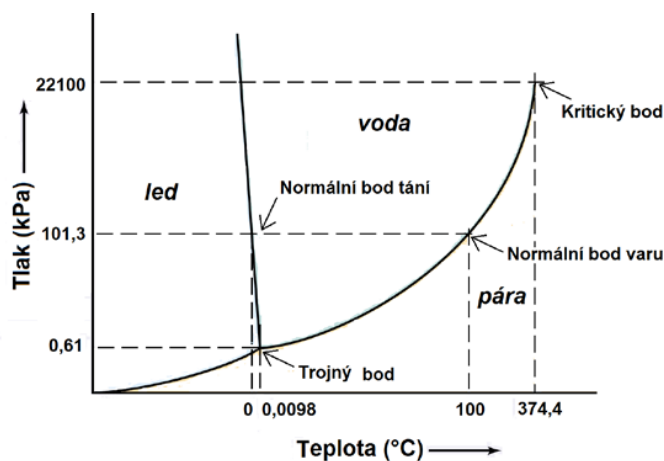
- a) zmrazení vzorku
- b) primární sušení, kdy dochází k sublimaci ledu, obvykle při nižším než atmosférickém tlaku
- c) sekundární sušení, kdy je zbývající nezmrzlá/vázaná voda desorbována z potravinové matrice



Obrázek 6: Ilustrační graf průběhu lyofilizace; převzato a upraveno z: [34]

Mražení je prvním separačním krokem lyofilizace. Rychlost mražení je důležitá pro tvorbu a velikost krystalů ledu. Pomalým zmražením se tvoří větší krystaly ledu a naopak. S velikostí krystalů ledu souvisí rychlost sušení, přičemž velké krystaly snadněji sublimují a krok primárního sušení je rychlejší [33]. Proces zmražení je dokončen během několika hodin [34].

Druhým krokem je primární sušení, které se také nazývá jako sublimační sušení. V této fázi dochází ke snížení tlaku pod hodnotu trojného bodu vody (Obr. 7). Teplota polic se postupně zvyšuje, přičemž dojde k přenesení tepla z povrchu polic do sušeného produktu a tím se zahájí sublimace. Teplota musí být po celou dobu udržována pod bodem tání. Sublimovaná pára přechází do kondenzátoru, kde se přemění na led. Tento krok je ze všech tří kroků časově nejnáročnější [33–35].



Obrázek 7: Fázový diagram vody; převzato z: [36]

Sekundární sušení je posledním krokem lyofilizace, kdy dojde k dalšímu zvýšení teploty. V tomto kroku dochází k difúzi a desorpci nezmrzlé vázané vody v produktu. Cílem sekundárního sušení je snížit konečný obsah zbytkové vody. Tato fáze trvá několik hodin a je nezbytně nutná, protože případný nadměrný zbytek vody by zhoršil kvalitu výrobků [33; 34].

1.3.2 Výhody a nevýhody lyofilizace

Lyofilizace má řadu výhod ve srovnání s jinými sušícími technikami. Mezi výhody se řadí [35]:

- 1) ideální technika pro sušení termolabilních produktů
- 2) zajištění udržení kvality potravin
- 3) zvýšení stability produktu v suchém stavu
- 4) lyofilizované produkty citlivé na oxidaci lze uzavřít v inertní atmosféře (dusíku) a chránit je tak před degradací
- 5) snazší dosažení sterility produktu

I když má lyofilizace mnoho výhod ve srovnání s ostatními technikami sušení a konzervace, má také pár nevýhod [35]:

- 1) časově, finančně a energeticky náročná metoda

1.3.3 Konvekční sušení vs. lyofilizace

Konvekční sušení je jednou z nejvyužívanějších metod pro sušení ovoce a zeleniny. Tento systém sušení má však své nevýhody, jako je zdlouhavost procesu, přičemž dochází ke ztrátě barvy, změně textury a k chemickým změnám, které ovlivňují změnu chuti a ztrátu důležitých živin [29; 37]. Vysoká teplota použitá při procesu sušení je klíčovou vlastností, která má za následek ztrátu kvality konečného produktu. Aplikací nižších teplot, jako je tomu u lyofilizace, dochází ke zlepšení kvality sušených produktů, ale na úkor zvyšujících se nákladů na proces a doby sušení [37].

Marić (2020) publikovala studii, ve které byl sledován vliv sušení na fyzikální a chemické vlastnosti kořenové zeleniny. Získané výsledky ukázaly, že u konvekčně sušené zeleniny došlo k poklesu koncentrace vitamínu C, β -karotenu, celkového obsahu polyfenolů a antioxidační aktivity ve srovnání s čerstvou zeleninou. Naopak proces lyofilizace byl pro tyto látky a vlastnosti kořenové zeleniny méně destruktivní než konvekční sušení [37].

Langová (2020) ve své studii zkoumala vliv různých metod sušení na kvalitu hroznů. Hrozny byly sušeny čtyřmi způsoby: sušení při 40 °C, kombinované sušení (70, 65 a 60 °C), sušení při 70 °C a sušení mrazem. Výsledkem bylo, že nejlepších sensorických vlastností se dosáhlo pomocí lyofilizace a následně sušením při 40 °C. Hrozny sušené při nejvyšší teplotě 70 °C měly nejhorší sensorické vlastnosti. Podobných výsledků bylo dosaženo i z pohledu hodnocení množství vitamínu C v sušených hroznech v porovnání se syrovými. Tudíž nejvyšší obsah vitamínu C byl detekován u lyofilizovaných hroznů a hroznů sušených při 40 °C. Naopak sušením při 70 °C byl vitamín C nejvíce degradován. Co se týče mikrobiologické analýzy, výsledky ukázaly opačný trend, než tomu bylo u sensorických vlastností a vitamínu C. Nejnižší úroveň kontaminace mikroorganismy byla zaznamenána u hroznů sušených při 70 °C. Nicméně u lyofilizace jako šetrné metody pro zachování obsahu vitamínu C byl zjištěn větší výskyt mikroorganismů, zejména plísní a kvasinek. Pomocí lyofilizace se dosáhlo nejlepšího vzhledu sušených hroznů, zatímco u ostatních sušících metod došlo ke smrštění [28].

Ze studie vlivu metod sušení na bioaktivní vlastnosti švestek publikované Gościnná (2021) vyplývá, že v současnosti je nejlepší metodou sušení lyofilizace. Vzhledem k vysokým nákladům spojených s touto technologií se v průmyslu nejčastěji využívá metoda konvekčního sušení. Vysoká teplota v kombinaci s vysokou expozicí kyslíku má za následek významné ztráty bioaktivních sloučenin v sušeném produktu. Proces konvekčního sušení vedl k velkému poklesu jak obsahu pigmentu anthokyanu (o 82 %), tak i polyfenolických sloučenin (o 41 %). Průměrné ztráty fenolových kyselin dosáhly 34 %. Při použití lyofilizace se ukázalo, že ztráta pigmentu anthokyanu je menší (o 10 %) a obsah polyfenolických sloučenin se nezměnil [29].

Rajkumar (2017) publikoval studii zaměřenou na porovnání fyzikálně – chemických vlastností zelí sušeného konvekčně za vyšších teplot a mrazem. Po vyhodnocení fyzikálních vlastností, jako jsou textura, barva a množství zbylé vody, bylo zjištěno, že konvekční sušení prováděné za vyšších teplot zhoršuje kvalitu finálního výrobku, zatímco sušení mrazem poskytuje vyšší kvalitu sušeného zelí. Pozorovanými chemickými látkami v zelí byly aldehydy, alkoholy, sloučeniny síry, ketony, estery a furany. Pomocí mikroextrakce na pevné fázi ve spojení s plynovou chromatografií s hmotnostním detektorem bylo odhaleno, že množství těkavých látek se lišil mezi čerstvým a sušeným zelí. Avšak kvalitnější zachování aroma zelí bylo dosaženo lyofilizací než konvekčním sušením. Závěrem tedy je, že vhodnější metodou je lyofilizace, i když je spojena s vyššími náklady [38].

Studie publikovaná Mashitoovou (2021) se zabývala vlivem různých metod sušení na barevnost, množství fenolických a bioaktivních látek v listech muškátové dýně. Výsledky ukázaly, že lyofilizace je nejlepší metodou posklizňového sušení. Po lyofilizaci byla zachována barevnost i většina fenolických látek a antioxidační aktivita. Naopak sušení v sušárně způsobilo velké snížení obsahu fenolických látek, obsahu kyseliny askorbové, antioxidační aktivity a inhibici aktivity α -glukosidázy a α -amylázy. Přestože je lyofilizace nákladná, jsou k dispozici průmyslové a pilotní lyofilizační sušičky pro sušení v soukromých společnostech. Tato studie poskytuje důkazy o tom, že použitím vhodné metody sušení lze zachovat většinu fyzikálně-chemických vlastností v sušeném výrobku [39].

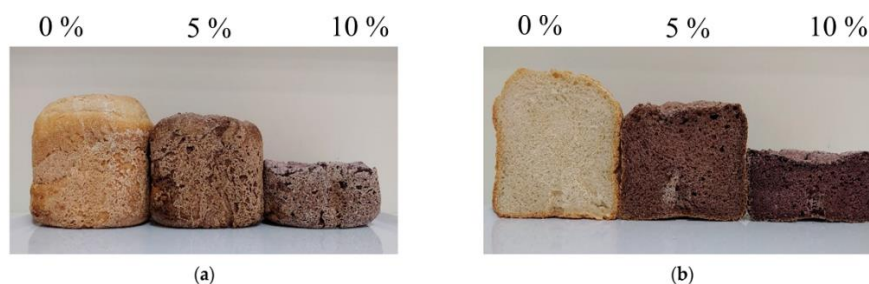
1.4 Fortifikace pekařských výrobků

Výrobky z obilovin jsou základními výrobky, které denně konzumují lidé všech věkových kategorií napříč společenskými vrstvami. Jejich výhodou je jejich dostupnost a chutnost. Jsou důležitým zdrojem energie a živin jako jsou sacharidy, bílkoviny, vitamíny skupiny B a některé minerály. Nevýhodou je, že výrobky z rafinované mouky neobsahují fenolické látky, jelikož tyto složky se ztrácejí při zpracování obilí [40]. Neposkytují také dostatek vápníku, zinku a železa. Zlepšení nutriční kvality těchto pekařských výrobků se často dosahuje obohacením luštěninami, semeny, bylinkami a jinými [41]. Další možností fortifikace pekařských výrobků je využití zemědělsko-potravinářských vedlejších produktů, které jsou mnohdy zdrojem bioaktivních látek. Využití tohoto odpadu má i pozitivní vliv na životní prostředí [40].

1.4.1 Kynuté pekařské výrobky

Bílý pšeničný chléb je základní potravinou po celém světě, bohatou na komplexní sacharidy (škrob), ale chudou na vlákninu a další mikroživiny a makroživiny. V dnešní době se zvyšuje zájem ze stran spotřebitelů o nutričně bohaté potraviny, čehož využívají výrobci potravin [42].

Prášek z hroznových výlisků, jako vedlejší produkt výroby vína, byl ve studii publikované Tolveovou (2020) použit jako náhrada mouky za účelem obohacení pšeničného chleba. Bylo zjištěno, že na každý hektolitr vyrobeného vína připadá 17 kg hroznových výlisků. Proto bylo navrženo využití prášku z hroznových výlisků pro fortifikaci chleba (Obr. 8), za účelem snížení průmyslového odpadu a podpory ekonomiky. Hroznové výlisky obsahují bioaktivní sloučeniny, jako jsou polyfenoly a vlákninu. Fenolické látky působí preventivně proti některým onemocněním a vláknina snižuje riziko vzniku některých forem rakoviny a rozvoj cukrovky, navíc kladně působí na gastrointestinální trakt, navozuje pocit sytosti, snižuje hladinu cholesterolu v krvi a předchází obezitě. Někteří spotřebitelé však nedosáhnou doporučeného denního příjmu těchto látek, proto by obohacené potraviny mohly tento problém vyřešit. Do těsta bylo přidáno 0, 5 a 10 g prášku z hroznových výlisků na 100 g. Výsledkem výzkumu je, že fortifikace práškem z hroznových výlisků ovlivnila technologické, nutriční i organoleptické vlastnosti výsledného chleba. Přidáním prášku se měnila konzistence těsta a došlo také ke změně chemického složení, barevnosti, vůně, chuti a vzhledu chleba. Prášek z hroznových výlisků představuje vhodnou přísadu pro pekařské účely, jelikož zvyšuje celkový obsah vlákniny, polyfenolů a antioxidační aktivitu obohaceného chleba, přičemž dosahuje podobného hodnocení přijatelnosti ve srovnání s tradičním chlebem [42].



Obrázek 8: Fortifikace chleba 0, 5 a 10 % prášku z hroznových výlisků; převzato a upraveno z: [42] (a) kůrka chleba, (b) střídka chleba

Další studii o fortifikaci bílého chleba publikovala Bolarinwa (2019). Jako obohacující složka byla použita semena rostliny Moringy olejodárné (Obr. 9). Tato rostlina nazývaná také jako „zázračná rostlina“ je pěstována v západoafrických oblastech. Semena Moringy jsou významným zdrojem minerálních látek (vápník, fosfor, železo), vitamínů (A, B, C) a bohatá na bílkoviny. Obsah bílkovin, tuku a minerálů je vyšší v semenech než v listech rostliny. Zralá semena Moringy byla vyloupána, vysušena a rozemleta na prášek, který byl následně prosetý za účelem získání jemného prášku. Pšeničná mouka byla smíchána s práškem v různých poměrech: 100:0, 95:5, 90:10, 85:15 a 80:20. Fortifikace práškem ze semen Moringy měla za následek zvýšení obsahu minerálních látek a vitamínu A ve výsledném chlebu. Nejlepší senzorycké vlastnosti měl chléb obsahující 5 % prášku a 95 % pšeničné mouky. Obohacení chleba také vedlo k výraznému zvýšení obsahu bílkovin v chlebu, což může být z hlediska výživy velkou výhodou pro rozvojové země, které si nemohou kvůli vysoké ceně dovolit potraviny s vysokým obsahem živočišných bílkovin [43].



Obrázek 9: Semena, listy a prášek ze semen rostliny Moringy olejodárné; převzato z: [44]

Luštěniny jsou cenově dostupným zdrojem sacharidů, vlákniny, vitamínů, minerálů, biologicky aktivních látek a zejména bílkovin. Pěstují se po celém světě a dříve se nazývaly jako „maso chudých lidí“, ale v současnosti se stávají i „masem bohatých lidí“. Novým trendem

je obohacování pšeničné mouky luštěninami a vznik nových zdravých potravinářských výrobků. Tímto se ve své práci zabývala Boukid (2019). Přestože chléb obsahuje sacharidy a je významným zdrojem energie, postrádá některé esenciální aminokyseliny a bioaktivní složky. Proto obohacení pšeničné mouky luštěninami může zvýšit nutriční hodnoty chleba. Mezi nejčastější luštěniny patří hrách, fazole, čočka a cizrna. Z nutričního hlediska přináší konzumace luštěnin nejen důležitou rozmanitost mikroživin a makroživin ve stravě, ale i zdraví prospěšné vlastnosti jako je snižování obsahu cholesterolu, pravděpodobnosti vzniku diabetu, kardiovaskulárních onemocnění a rakoviny. Mohou také výrazně přispět k prevenci podvýživy v chudých zemích. Luštěniny mohou být integrovány do receptury chleba jako loupané, ve formě mouky, hydrolyzátů nebo klíčků. Mohou se přidávat jednodruhově i ve směsi, čímž dojde k ovlivnění nutričních i chemicko-fyzikálních vlastností. Zvýší se obsah esenciálních aminokyselin, bílkovin, tuku, vlákniny a minerálních látek ve srovnání s chlebem obsahujícím 100 % pšeničné mouky. Chléb obsahující 10–15 % směsi luštěnin má lepší nutriční, technologické i sensorické vlastnosti [45].

V jižní Itálii, zejména na Sicílii, je při průmyslovém lisování citrusových plodů vyprodukováno 500 000 t „pastazzo“ za rok, což je vedlejší produkt (Obr. 10). Praním a čištěním tohoto vedlejšího produktu je možné získat citrusovou mouku bohatou na vlákninu, kterou lze přidávat do potravinářských výrobků. Ve studii publikované Spinou (2019) se zabývali vlivem přídavku vlákniny z červeného pomeranče na fyzikálně-chemické vlastnosti, mikrobiologické a sensorické vlastnosti celozrnného pšeničného chleba. Přídavek citrusové vlákniny do 2 % nijak významně neovlivnil kvalitativní parametry chleba v porovnání s celozrnným pšeničným chlebem bez přídavku vlákniny. Mikrobiologické vlastnosti po šedesáti dnech skladování byly u obou typů chleba podobné. Významný rozdíl nastal po delší době skladování, kdy došlo ke zvýšení počtu kvasinek, plísní a celkového počtu mikroorganismů v obohaceném chlebu, pravděpodobně z důvodu zvýšeného obsahu vlákniny. Tato studie ukázala, že přidáním citrusové vlákniny do celozrnného chleba se zvýší nutriční hodnota i celkový obsah vlákniny. Navíc využití vedlejšího produktu průmyslového lisování citrusových plodů je šetrné k životnímu prostředí [46].



Obrázek 10: Nevyužitý vedlejší produkt při průmyslovém lisování citrusových plodů – „pastazzo“; převzato z: [47]

1.4.2 Nekynuté pekařské výrobky

Kompozitní mouka je směs různých mouk získaných ze zemědělských produktů, jako jsou obiloviny, proso, luštěniny, zelenina a další s přidáním nebo bez přidání pšeničné mouky. Tyto kompozitní mouky zlepšují nutriční a terapeutické vlastnosti výsledného produktu. Často se těchto mouk využívá při přípravě sušenek a dalších pekařských výrobků, jelikož jsou široce konzumované po celém světě [48].

Ve studii publikované Rathorou (2019) využili k obohacení sušenek houbu *Calocybe indica* (Obr. 11). Tato mléčně bílá houba pocházející z Indie se nyní hojně pěstuje v Číně, Malajsii, Singapuru a Bangladéši. Z nutričního hlediska je tato houba bohatá na bílkoviny, vitamíny (A, E, C) a minerály (zinek, fosfor, sodík). Je také dobrým zdrojem bioaktivních polysacharidů jako jsou betaglukany a polyfenoly. Díky obsaženým bioaktivním látkám je tato houba dobrým antioxidantem a má antidiabetické, protirakovinné a antilipidové peroxidační vlastnosti. *Calocybe indica* v přírodě rychle podléhá zkáze, proto je konzervována ve formě prášku neboli mouky, která je využívána pro přípravu pekařských výrobků. Do rafinované pšeničné mouky byla přidávána mouka z hub v poměru 100:0, 95:5, 90:10, 85:15 a 80:20. Z této směsi byly následně upečeny sušenky. Použitím 10 % mouky z hub splňovaly sušenky kvalitativní parametry, avšak za mírné ztráty texturních a fyzikálních vlastností. Bylo zjištěno, že sušenky mají vysoký obsah bílkovin, vlákniny, betaglukanů a vynikající antioxidační vlastnosti díky fenolům a flavonoidům. Tyto sušenky spadají i do potravin s nízkým glykemickým indexem, tudíž jsou vhodné i pro diabetiky [48].



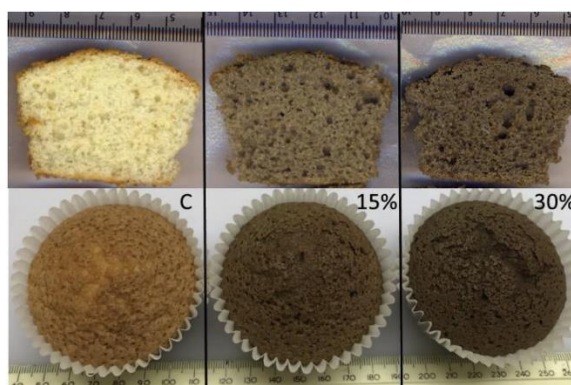
Obrázek 11: *Calocybe indica*; převzato z: [49]

Po zpracování zelených kávových zrn vznikají zbytky, které se rozhodl ve své studii Desai (2020) použít pro fortifikace sušenek. Jelikož jsou tyto zbytky zelené kávy bohaté na prebiotické oligosacharidy, vlákninu, minerály, proteiny a polyfenoly (trigonelin, kofein, theobromin, theofylin), lze je využít jako potravinovou složku do pekařských výrobků. Mají vliv na zdraví v podobě antioxidačních, antimikrobiálních, protirakovinných a protizánětlivých účinků a snižování krevního tlaku. Cílem bylo zhodnotit zbytky zelené kávy a využít je na výrobu probiotických sušenek z pšeničné mouky. Na sušenky byla použita mouka z pražených a nepražených zbytků zelené kávy (Obr. 12). Sušenky obsahující mouku z pražených zbytků měly lepší fyzikálně-chemické a senzorycké vlastnosti, barvu a měkčí konzistenci než sušenky z mouky z nepražených zbytků. Pro spotřebitele byly nejpříjemnější sušenky s 10 a 12 % mouky z pražených zbytků zelené kávy. Výsledkem je, že mouka z pražených zbytků zelené kávy představuje novou alternativní potravinářskou přísadu, kterou lze používat v pekárenském průmyslu. Sušenky jsou bohaté na vlákninu a prebiotické oligosacharidy [50].



Obrázek 12: Fortifikace sušenek moukou z nepražených a pražených zbytků zelené kávy; převzato a upraveno z: [50]

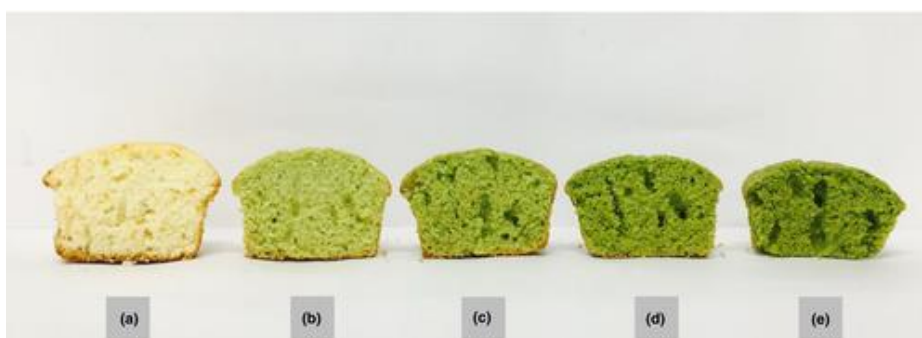
Další studií, která se týká fortifikace pekařských výrobků je studie publikovaná Grassoovou (2020) zabývající se obohacením muffinů moukou z odtučněných slunečnicových semínek (Obr. 13). Při výrobě slunečnicového oleje vzniká vedlejší produkt zvaný slunečnicový šrot, který představuje až 36 % hmotnosti zpracovaných semen. Tento vedlejší produkt obsahuje 40–50 g bílkovin na 100 g, esenciální aminokyseliny (lysin, methionin, cystein, tryptofan), vlákninu, minerály a vitamíny skupiny B. V současné době se tento vedlejší produkt používá jako krmivo pro hospodářská zvířata, hnojivo pro rostliny nebo se přidává do kompostu. Z pohledu vysokého obsahu bílkovin je to však zajímavá surovina pro lidskou výživu a začíná být přidávána do potravinářských výrobků v podobě mouky z odtučněných slunečnicových semen. Pekařské výrobky jako jsou muffiny mají obvykle vysoký obsah cukru a tuku a nízký obsah vlákniny, antioxidantů a minerálů. Mouka z odtučněných slunečnicových semínek představuje příležitost pro výrobu zdravějšího pečiva. Při pečení muffinů byla pšeničná mouka nahrazena 15 a 30 % mouky z odtučněných slunečnicových semínek. Nahrazení části pšeničné mouky vedlo ke zvýšení obsahu bílkovin a snížení obsahu sacharidů. Muffiny byly po upečení vyšší, snížila se jejich pružnost a byly tmavší oproti kontrolnímu vzorku. Z hlediska sensorické kvality dosáhly muffiny s 15 % mouky z odtučněných slunečnicových semínek podobných výsledků jako kontrolní vzorek. Díky kladným fyzikálně-chemickým změnám lze tuto mouku využívat jako přísadu do muffinů či koláčů [51].



Obrázek 13: Vnitřní a vnější vzhled kontrolního muffinu a muffinů obohacených moukou z odtučněných slunečnicových semínek; převzato z: [51]

Heo (2019) se ve své studii zabývala obohacením muffinů vedlejším produktem vznikajícím při výrobě kimchi. Kimchi je tradiční korejské fermentované jídlo složené převážně z čínské zelí. Se zvyšující se spotřebou kimchi roste i odpad vznikající při jeho výrobě, který sestává převážně z vnějších listů čínské zelí. Ty se obvykle vyhazují nebo používají jako krmivo pro zvířata nebo hnojivo, ale také způsobují enviromentální a hospodářské problémy kvůli vysokým nákladům za likvidaci. Jelikož jsou listy čínské zelí bohaté na vlákninu, lze

je přidávat do pekařských výrobků. Do muffinů se tento vedlejší produkt přidával ve formě prášku částečným nahrazením pšeničné mouky (0, 1, 2, 3 a 4 %) (Obr. 14). Zelné listy byly promyty, vysušeny v horkovzdušné sušičce a po vychladnutí rozemlety na prášek, který byl následně přezet. Výsledky studie ukázaly, že s rostoucím množstvím přidaného prášku z listů čínského zelí se zvýšil obsah vlákniny a zároveň i antioxidační vlastnosti. Naopak výška muffinů se snižovala. Muffiny obohacené do 2 % měly podobné sensorické vlastnosti jako kontrolní vzorek, ale lišily se barvou. Výsledky naznačují, že je možné upéct chutné muffiny se zvýšeným obsahem vlákniny nahrazením části pšeničné mouky práškem z vnějších listů čínského zelí [52].



Obrázek 14: Vertikální řez muffinů obsahujících různá množství vlákniny z prášku z vnějších listů čínského zelí; převzato z: [52] (a) 0 % - kontrolní vzorek, (b) 1 %, (c) 2 %, (d) 3 %, (e) 4 %

1.5 Metody stanovení

1.5.1 Aktivita vody

Aktivita vody (a_w) udává množství nevázané vody ve vzorku. Voda, která není vázána, může být využívána nežádoucími mikroorganismy, což následně vede ke kažení potravin. Aktivita vody je vyjádřena poměrem tlaku vodních par vzorku a tlaku par destilované vody při dané teplotě. Hodnoty se pohybují v rozmezí 0–1. Čím více je ve vzorku nevázané vody, tím je větší pravděpodobnost mikrobiálního znehodnocení [53].

Při manometrickém stanovení je vzorek umístěn do baňky, která je následně připojena k přístroji. V prostoru uvnitř aparatury se vytvoří vakuum. Po uzavření vakua a ustálení rovnováhy je zaznamenána výška hladiny oleje v manometru, která se změní vlivem tlaku par nad vzorkem. Následně se baňka se vzorkem odpojí od systému a otevře se baňka s vysoušedlem. Vodní pára je odstraněna sorpcí na síran vápenatý a tlak vyvíjený těkavými látkami a plyny je opět odečten z výšky hladiny oleje. Při měření musí být po celou dobu konstantní teplota [54].

Při hodnotách aktivity vody vyšších než 0,85 se využívá metody založené na snížení teploty na bod tuhnutí. Tato metoda se využívá pro kapalné vzorky, jelikož měření probíhá za nízkých teplot a pro těkavé látky, které mohou způsobit chyby při měření tlaku par. Ve dvoufázovém systému (led-kapalina) je v rovnováze tlak par vody ve formě ledu a tlak par krystalů koncentrovaného roztoku. Změny závisí pouze na teplotě [54].

Další možností je využití elektrického vlhkoměru. Vzorek je uzavřen do nádoby a za konstantní teploty proměřován. Měří se vlhkost vzorku, která je snímána elektrickým čidlem. Snímacím prvkem může být vodivý polymer nebo elektrolytický prvek jako je nasycený roztok chloridu lithného. Tato metoda je nepřímou metodou měření aktivity vody [55].

Nejvyužívanější metodou je měření rosného bodu. Rosný bod je teplota, při které dojde k nasycení par nad vzorkem a je pozorován začátek kondenzace páry na povrchu zrcátka, které je chlazené. Aktivita vody je následně detekována pomocí infračerveného paprsku zaměřeného na zrcátko. Tato metoda měření je rychlá, přesná a nenákladná [55].

1.5.2 Vlhkost

Jedním z nejzákladnějších a nejdůležitějších analytických postupů, které lze u potravinářského produktu provést, je stanovení obsahu vlhkosti. Tato hodnota má pro výrobce potravin velký ekonomický význam a existují stanovené limity na množství vody, které v potravinách může

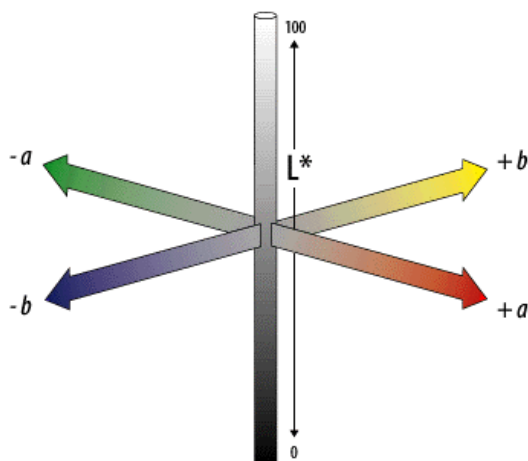
nebo musí být přítomno. Obsah vlhkosti je důležitý pro zachování stability a kvality potravin [56].

Norma ČSN 56 0116-3 – Metody zkoušení pekařských výrobků, Část 3: Stanovení obsahu vody uvádí dvě metody stanovení vlhkosti ve vzorku. Obě metody jsou založeny na sušení do konstantní hmotnosti. Pokud vzorek obsahuje více jak 15 % vody, je vhodné volit krok předsušení v sušárně při teplotě okolo 45 °C, dokud se hodnota obsahu vody nesníží pod 15 %. První metoda stanovení obsahu vlhkosti využívá při sušení teploty 130 °C. Vzorek je navážen do vysoušecí misky, která je následně vložena na 60 minut do vyhřáté sušárny. Před vyndáním je miska uzavřena víčkem a následně vložena do exsikátoru. Odečtením hmotnosti prázdné misky od hmotnosti misky s vysušeným vzorkem získáme obsah vlhkosti. Druhá metoda je založena na sušení v sušárně při 105 °C po dobu cca 3 hodin. Vzorek je navážen do misky s pískem a skleněnou tyčinkou a je sušen za občasného promíchání. Po usušení se miska vloží do exsikátoru a po vychladnutí zváží. Sušení se opakuje v půlhodinových intervalech do doby, než rozdíl mezi dvěma po sobě následujícími váženími nepřesáhne 2 mg. Výpočet obsahu vlhkosti probíhá stejně jako u první uvedené metody [57].

Mezi další metody sušení patří sušení za sníženého tlaku, mikrovlnné sušení a infračervené sušení. V potravinářském průmyslu se využívají rychlé analyzátory vlhkosti založených na termogravimetrických principech. Dalším možným způsobem stanovení obsahu vlhkosti je destilační metoda, kdy se destiluje voda obsažená ve vzorku s rozpouštědlem s vysokým bodem varu, které je nemísitelné s vodou. Dále titrace podle Karl Fischera je založená na reakci jodu s oxidem siřičitým za přítomnosti malého obsahu vody. Fyzikální metody zahrnují metody pyknometrické, refraktometrické nebo měření založené na změně kapacity nebo odporu [56].

1.5.3 Barevnost

Měření barev umožňuje numerická stupnice pro odstín (h°), jas (L^*) a sytost (C^*), které charakterizují danou barvu. Barevný prostor $L^*a^*b^*$ (označovaný jako CIELAB) je jedním z nejpoužívanějších prostorů pro měření barev objektu, kde L^* představuje jas a a^* a b^* jsou chromatické souřadnice (Obr. 15) [58; 59].



Obrázek 15: Zobrazení barevného prostoru; převzato z: [58]

Na svislé čáře hodnota jasu $L^* = 0$ představuje nejtmaší černou a $L^* = 100$ nejjasnější bílou. Na ose a^* je znázorněn přechod mezi červenou ($+a^*$) a zelenou barvou ($-a^*$) a na ose b^* přechod mezi žlutou ($+b^*$) a modrou barvou ($-b^*$). Střed barevného prostoru je achromatický neboli neutrálně šedý. S rostoucími hodnotami a^* a b^* se bod posouvá směrem od středu a zvyšuje se sytost barvy. Počátek odstínového úhlu h° se nachází na ose $+a^*$, což odpovídá červené barvě (0°), dále pokračuje přes $+b^*$ žlutou (90°), $-a^*$ zelenou (180°) a $-b^*$ modrou (270°). Tzv. barvová odchylka ΔE vypočítána podle Rovnice 1 slouží k porovnání dvou barev [58–60].

$$\Delta E_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

Z následující Tabulky 2 lze podle vypočítané barvové odchylky určit stupeň neshody dvou barev.

Tabulka 2: Stupnice udávající stupeň neshody dvou barev; převzato z: [61]

ΔE	Rozdíl	ΔE	Rozdíl
0,0–0,2	nepostřehnutelný		
0,2–0,5	velmi slabý	0,2–1,0	postřehnutelný
0,5–1,5	slabý	1,0–2,0	rozeznatelný
1,5–3,0	jasně postřehnutelný	2,0–4,0	ještě nerušící
3,0–6,0	stření	4,0–8,0	mírně rušící
6,0–12,0	výrazný		
12,0–16,0	velmi výrazný		
>16,0	rušící		

1.5.4 Sacharidy

Sacharidy jsou součástí široké škály potravin jako je pečivo, sušenky, těstoviny, mléčné výrobky, nápoje, luštěniny, ovoce, zelenina a jiné. Potraviny s vysokým obsahem sacharidů jsou důležitou součástí výživy, protože dodávají tělu glukózu, která je zdrojem energie [62].

Sacharidy lze stanovit fyzikálními, chemickými a biochemickými metodami [63]. Chemická metoda, která se používá pro stanovení obsahu sacharidů v pekařských výrobcích je metoda dle Schoorla. Přítomnými redukujícími sacharidy v cukerném výluhu je redukována dvojmocná měď Fehlingova činidla na oxid měďný. Nespoteřované měďnaté ionty jsou poté redukovány jodidovými ionty na měďné za vzniku elementárního jodu, který je titrován roztokem thiosíranu sodného [64].

Mezi další chemické metody stanovení obsahu cukru patří Bertrandova metoda, která je založena na redukcí trojmocného železa na dvojmocné a roztok železnaté soli je za přítomnosti trihydrogenfosforečné kyseliny titrován roztokem manganistanu draselného. Metoda dle Ofnera spočívá v rozpuštění oxidu měďného v kyselině chlorovodíkové a vzniklý chlorid měďný je stanoven jodometricky. Další variantou je metoda podle Luffa-Schoorla, která umožňuje oproti Schoorlově metodě stanovení více redukujících cukrů ve vzorku. Je připraven ethanolický výluh vzorku, který je následně vyčeren pomocí Carrezových čiridel. Následuje přidání Luffova roztoku a jodometrické stanovení [63].

Mezi fyzikální metody se řadí metody denzitometrické a refraktometrické, polarimetrické stanovení sacharózy a chromatografické metody jako jsou sloupcová chromatografie, chromatografie na papíře, plynová a kapalinová chromatografie. Biochemické metody jsou založeny na spektrofotometrickém stanovení koenzymů NADH a NADPH [63].

1.5.4.1 Vlákna

Vlákna zahrnuje směs rostlinných sacharidů, které jsou odolné vůči trávení a vstřebávání v tenkém střevě a jsou úplně nebo částečně fermentovány v tlustém střevě. Jsou to polysacharidy, oligosacharidy a lignin. Vlákna je sacharidový polymer obsahující minimálně deset monomerních jednotek [65].

Metody pro stanovení vlákniny lze rozdělit do tří skupin: neenzymaticko-gravimetrické, enzymaticko-gravimetrické a enzymaticko-chemické metody. Nejběžněji používanými metodami jsou enzymaticko-gravimetrická a enzymaticko-chemická metoda [66].

Neenzymaticko-gravimetrické metody stanovují hrubou vlákninu, acido-detergentní vlákninu a neutrálně-detergentní vlákninu, ale neměří složky rozpustné ve vodě, a proto není vhodná pro stanovení potravinové vlákniny. Hrubá vláknina je složena ze zbytků, které zůstaly po chemickém rozkladu, nejčastěji hydrolytickém a oxidativním. Van Soest vylepšil metodu o stanovení vlákniny metodou acido-detergentní vlákniny, která představuje celkové množství ligninu, celulózy a kyselé nerozpustné hemicelulózy. Metoda neutrálně-detergentní vlákniny představuje celkové množství ligninu, celulózy a neutrálně-detergentní hemicelulózy [66].

Enzymaticko-gravimetrická metoda je vhodná pro stanovení rozpustné a nerozpustné vlákniny. Zahrnuje enzymatické úpravy za účelem odstranění škrobu a bílkovin, vysrážení složek rozpustné potravinové vlákniny vodným roztokem ethanolu, filtraci a vážení zbytku potravinové vlákniny [66].

Enzymaticko-chemickými metodami lze stanovit potravinovou vlákninu jako neškrobový polysacharid. Základním a prvním krokem těchto metod je odstranění škrobu a proteinu. Srážením vodným roztokem ethanolu jsou odděleny rozpustné polysacharidy potravinové vlákniny od cukrů s nízkou molekulovou hmotností a produktů hydrolyzy škrobu. Obsah cukrů z hydrolyzovaných polysacharidů je stanoven pomocí plynové rozdělovací chromatografie, vysokoúčinné kapalinové chromatografie, přičemž hodnoty pro jednotlivé monosacharidy a uranové kyseliny jsou stanoveny kolorimetricky [66].

1.5.5 Tuky

Lipidy jsou důležitou strukturální a funkční složkou buněk a jednou z hlavních složek potravy. Přispívají k mnoha vlastnostem potravin jako je textura, struktura, chuť a barva. Obecně platí, že kvalita potravin úzce souvisí s kvalitou přítomných lipidů [67].

V normě ČSN 56 0116-6 Metody zkoušení pekařských výrobků, Část 6: Stanovení obsahu tuku se uvádí metoda stanovení obsahu tuku přímou extrakcí podle Soxhleta a metoda dle Grossfelda, které je založena na hydrolyze vzorku a následné extrakci tuku v extraktoru podle Soxhleta [68].

Další metodou je metoda podle Folche, která spočívá ve stanovení obsahu lipidů extrakcí směsí chloroformu a methanolu. Tato metoda je vhodná pro potraviny živočišného původu, které mají vyšší obsah vody a polárních lipidů, kdy přídavek methanolu umožní extrakci lipidů vázaných na bílkoviny. Pro stanovení tuku v mléce a mléčných výrobcích slouží metoda podle Röseho a Gottlieba. Bílkoviny přítomné v mléce jsou rozpuštěny v amoniaku a tuk extrahován

ethanolem, petroletherem a diethyletherem. Tuk je po odstranění rozpouštědel stanoven vážkově [63].

Mezi fyzikální metody se řadí butyrometrické stanovení podle Gerbera, kdy přidáním kyseliny sírové dojde k rozpuštění obalů tukových kuliček, které se následně odstředí a po přidání amylalkoholu se dosáhne ostrého rozhraní a lze na kalibrované stupnici odečíst objem tuku. Dále lze stanovit obsah tuku denzitometricky. Vzorek je společně s rozpouštědlem 1,2 – dichlorbenzenem rozmělněn a následně je stanovena hustota filtrátu. Obsah tuku je odečten z kalibrační křivky [63].

1.5.6 Bílkoviny

Bílkoviny jsou biomakromolekulární látky a spolu se sacharidy a lipidy jsou zdrojem energie. Jsou složeny z aminokyselin spojených peptidovou vazbou. Mají stavební, transportní, zásobní, pohybovou, obranou, katalytickou a regulační funkci. Pro udržení těchto důležitých funkcí je nezbytné tělu dodávat bílkoviny potravou [69; 70].

Podle normy ČSN 56 0116-9 lze hrubé bílkoviny stanovit metodou podle Kjeldahla. Dusíkaté látky ve vzorku jsou mineralizací s kyselinou sírovou a katalyzátorem převedeny na amonné ionty. Alkalizací mineralizátu je uvolněn amoniak, který je po destilaci jímán do známého množství kyseliny borité. Destilát je následně titrován roztokem kyseliny sírové [71]. Druhou možností je nadávkování známého nadbytečného množství kyseliny sírové do předlohy a po destilaci je nadbytek kyseliny sírové titrován odměrným roztokem hydroxidu sodného na indikátor Tashiro nebo methylčerveně [63].

Dalšími metodami stavení hrubých bílkovin jsou: metoda podle Winklera, podle Conweye, Steineggerova metoda, spektrofotometrické stanovení Nesslerovým činidlem, biuretovou reakcí a oranží G, Hanušova metoda a Dumasova metoda [63].

Stanovení čistých bílkovin je založeno na vysrážení čisté rozpustné bílkoviny alkalickým roztokem síranu měďnatého, taninu nebo kyselinou trichloroctovou. Vysrážené bílkoviny jsou odděleny po mineralizaci stanoveny podle Kjeldahla [63].

1.5.7 Sůl

Sůl, známá také jako kuchyňská sůl nebo chlorid sodný, je iontová sloučenina s chemickým vzorcem NaCl. V potravinách je důležitá především kvůli sensorickým vlastnostem a konzervaci. Sůl působí jako konzervant tím, že snižuje dostupnost vody v potravinách a zabraňuje tak růstu mikroorganismů a dále snižuje enzymatickou aktivitu. Mimo dodávání

slané chuti potravinám, zvýrazňuje sůl sladkou chuť, potlačuje hořkou chuť a ovlivňuje texturu potravin [72].

Stanovení chloridu sodného je pro pekařské výrobky uvedeno v normě ČSN 56 0116-5. Vzorek je vyčěren pomocí Carrezova činidla I a II a následně zfiltrován. Zneutralizovaný filtrát je titrován dusičnanem stříbrným na indikátor chroman draselný [73]. Jedná se o titrační stanovení dle Mohra [63].

Pod argentometrické stanovení spadá i titrační metoda podle Gay-Lussaca, která je založena natitrací stříbrných iontů roztokem vzorku obsahující chlorid sodný. Titrační metoda dle Fajanse je obdoba titrační metody dle Mohra, ale za použití indikátoru eosinu nebo fluoresceinu [74]. Potenciometrická metoda opět spočívá v titraci chloridů odměrným roztokem dusičnanu stříbrného a vlivem nadbytku stříbrných iontů dojde ke zvýšení potenciálu. Měrná elektroda je stříbrná a referentní je kalomelová [63].

Další metoda je Votočková, která je založena na titraci chloridů roztokem dusičnanu rtuťnatého za použití indikátoru nitroprusidu sodného. Titrace probíhá do vzniku bílého zákalu. Při Volhardově metodě zreagují chloridy s roztokem dusičnanu stříbrného a jeho nadbytek je titrován odměrným roztokem thiokyanatanu draselného za přítomnosti indikátoru síranu amonno-železitého [63].

Ke stanovení obsahu soli ve vzorku lze použít iontově selektivní elektrody, pomocí nichž se měří koncentrace stanovovaného iontu v roztoku. Další možností je stanovení pomocí hustoty, přičemž platí, že čím více soli je v roztoku, tím má vyšší hustotu. Pomocí převodních tabulek je hodnota převedena na obsah soli [75].

1.5.8 Antioxidanty

Antioxidanty hrají zásadní roli v potravinách i v lidském těle při eliminaci oxidačních procesů a škodlivých účinků reaktivních forem kyslíku (superoxid, hydroxyl, peroxy, alkoxy a oxid dusnatý) [76]. Výrobci potravin používají antioxidanty ke stabilizaci lipidů v potravinách, čímž je zabráněno degradaci produktu. Antioxidanty také snižují riziko onemocnění a podporují zdraví, díky jejich schopnosti chránit tělo před oxidačním poškozením. Slouží k zachytávání volných radikálů, singletových kyslíků a produktů sekundární oxidace, dále jako inaktivátory peroxidů a dalších reaktivních forem kyslíku, chelátory kovových iontů, inhibitory prooxidačních enzymů. Tyto látky uplatňují svůj inhibiční účinek na oxidační procesy různými mechanismy a s různou aktivitou [77].

Podle mechanismu účinku jsou antioxidanty rozděleny na primární a sekundární. Mezi primární antioxidanty se řadí tokoferoly a některé fenolické sloučeniny. Inhibují řetězovou reakci oxidace tím, že působí jako donory vodíku nebo akceptory volných radikálů za vzniku stabilnějších neradikálových produktů. Sekundární antioxidanty zabraňují nebo zpomalují oxidaci vychytáváním již vytvořených reaktivních forem kyslíku. Některé sekundární antioxidanty, jako je kyselina askorbová, mohou regenerovat primární antioxidanty poskytnutím vodíku a zabrání se tak spotřebování primárních antioxidantů. Bohatým zdrojem přírodních antioxidantů jsou vyšší rostliny a jejich části. Tokoferoly a polyfenoly se nacházejí v kořenech, bylinkách, ovoci, zelenině, obilovinách, semenech, čajích a olejích [77].

Existuje několik metod, které jsou vhodné pro stanovení antioxidační aktivity. Jedna z nich je test ekvivalentní antioxidační kapacity Troloxu (TEAC), který měří schopnost antioxidantů vychytávat stabilní radikálový kation ABTS^{•+} (2,2-azinobis(3-ethyl-2,3-dihydrobenzothiazol-6-sulfonát)), přičemž se měří absorbance při 734 nm. Celková antioxidační aktivita je porovnávána s aktivitou látky Troloxu [77].

Test vychytávání DPPH (1,1-difenyl-2-(2,4,6-trinitrofenyl)hydrazyl) radikálů, je založen na přesunu jednoho elektronu z antioxidantu, který je následně použit k neutralizaci radikálu DPPH. Reakce je doprovázena změnou barvy, která je měřena při vlnové délce 517 nm a zároveň změna barvy slouží jako indikátor antioxidační účinnosti [77].

Další metodou je test absorpční kapacity kyslíkových radikálů (ORAC), který měří schopnost antioxidantů přerušit radikálovou reakci pomocí inhibice oxidace indukované peroxylovými radikály. V tomto testu peroxylový radikál reaguje s fluorescenční sondou, což vede k poklesu fluorescence, která je zaznamenávána fluorimetrem [77].

Zkouška antioxidační aktivity na redukci železa (FRAP) je metodou založenou na redukci železitého iontu v komplexu TPTZ (2,4,6-tri(2-pyridyl-1,3,5-triazin). Antioxidační aktivita je stanovena na základě zvýšené absorbance při 593 nm, v důsledku vznikajících železnatých iontů. Obdobou je metoda CUPRAC (zkouška antioxidační aktivity na redukci mědi), při které je redukován měďnatý iont na měďný [77].

1.5.8.1 Fenolické látky

Fenolické antioxidanty jsou široce rozšířeny v rostlinné říši a tvoří jednu z nejdůležitějších skupin sekundárních metabolitů rostlin. Z chemického hlediska mají alespoň jeden aromatický kruh nesoucí jednu nebo více hydroxylových skupin a jejich antioxidační účinek je způsoben především jejich vysokou tendencí chelatovat kovy uvedenými skupinami. Hlavním zdrojem

fenolických látek je ovoce a zelenina. Do této skupiny patří fenoly, fenolické kyseliny a jejich estery a glykosidy, lignany, flavonoidy, flavanoidy, antokyany, katechiny a některé třísloniny [78].

Celkový obsah fenolů (TPC) je dalším důležitým parametrem celkové antioxidační kapacity. Metoda Folin-Ciocalteu je rutinní analýzou pro antioxidačního hodnocení potravin a rostlinných extraktů. Metoda je založena na redukci Folin-Ciocalteu činidla fenolickými látkami v alkalickém prostředí. Činidlo je směs fosfomolybdenanu s fosfowolframem, která je redukována za vzniku modře zbarveného chromoforu s absorpčním maximem při 765 nm. Jako referenční materiál je používána kyselina gallová a výsledky TPC se vyjadřují jako ekvivalent kyseliny gallové [76; 77].

Dalšími metodami pro stanovení celkového obsahu fenolických látek je metoda podle Price a Butlera (PBM), kdy se fenolátový aniont oxiduje na fenolátový radikál a současně se hexakynoželezitan redukuje na hexakynoželezitan za vzniku pruské modři, metoda využívající tvorby barevného komplexu 4-aminoantipyrinu s fenoly za přítomnosti oxidačního činidla (AAPM) a výše uvedené metody TEAC, FRAP a metoda s DPPH [79; 80].

Stanovení fenolických sloučenin vzhledem k jejich různorodé struktuře a složitosti matrice vyžaduje použití vysoce selektivních technik. Klíčovými kroky analýzy jsou příprava vzorku, extrakce a následná kvalitativní a kvantitativní analýza. Využívané jsou techniky spektrofotometrické, chromatografické, elektroseparační a jejich kombinace. V dnešní době se pro stanovení fenolického profilu využívá vysokoúčinná kapalinová chromatografie s UV detekcí (HPLC-UV), s diodovým polem (HPLC-DAD), s fotodiodovým polem (HPLC-PDA) či hmotnostním detektorem (HPLC-MS), ultravysokoúčinná kapalinová chromatografie s tandemovou hmotnostní detekcí (UHPLC-MS/MS), dále plynová chromatografie s hmotnostním detektorem (GC-MS) nebo s plamenově ionizačním detektorem (GC-FID), chromatografie na tenké vrstvě (TLC) a kapilární elektroforéza (CE) [81–83]. Obecně kombinace LC-MS, popřípadě LC-MS/MS je nejspolehlivější technikou pro identifikaci a charakterizaci sloučenin [84].

1.5.8.2 Vitamín C

Vitamín C neboli kyselina askorbová je rozpustný ve vodě. Jedná se o bílou až nažloutlou krystalickou látku s lehce kyselou chutí, která na světle tmavne. Lidské tělo si nedokáže vitamín C syntetizovat, proto je nutné jej přijímat potravou především prostřednictvím ovoce a zeleniny [85]. Vitamín C je důležitý pro svou antioxidační aktivitu. Podílí se na mnoha

biochemických funkcích, jako je vstřebávání železa, syntéza kolagenu a hormonů, neutralizace volných radikálů vznikajících při buněčném metabolismu. Zabraňuje projevům stárnutí, vzniku šedého zákalu, arterioskleróze, rakovině a kardiovaskulárních onemocnění. V potravinářském průmyslu je používán jako přísada zabraňující oxidaci potravinářských výrobků [86].

Vitamín C lze stanovit několika metodami. Jednou z metod je titrační metoda, která je založena na oxidaci kyseliny askorbové na kyselinu dehydroaskorbovou pomocí 2,6-dichlorfenolindofenolu, který se současně redukuje na bezbarvou látku. Vzorek je extrahován do 2% roztoku kyseliny šťavelové nebo směsi roztoku kyseliny metafosforečné a octové. Titrační činidlo je připraveno smísením sodné soli 2,6-dichlorfenolindofenolu, hydroxidu sodného a vody v odměrné baňce a roztok je následně přefiltrován. Vzorek je odpipetován do titrační baňky a titrován roztokem barviva do lososově růžového zbarvení. Tato metoda je rychlá a vhodná pro řadu potravinářských výrobků [63; 87].

Další metodou je spektrofotometrické stanovení založené na oxidaci kyseliny askorbové bromem za přítomnosti činidla 2,4-dinitrofenylhydrazinu. Vzniká kyselina dehydroaskorbová, kterou lze spektrofotometricky proměřit. Oxidace se využívá i při polarografické metodě, kdy k oxidaci dochází na rtuťové kapkové elektrodě a současně k redukci chinoxalinového derivátu, který vzniká reakcí o-fenylendiaminu s kyselinou dehydroaskorbovou. Stále častěji používanějšími metodami jsou chromatografické metody, především vysokoúčinná kapalinová chromatografie [63].

V dnešní době se pro stanovení vitamínu C využívá vysokoúčinná kapalinová chromatografie s UV detekcí (HPLC-UV). Obvykle stanovení probíhá v systému s obrácenými fázemi na koloně C18 s mobilní fází obsahující okyselenou vodu a polární organické rozpouštědlo (acetonitril nebo methanol). Podstatnou výhodou HPLC-UV je rychlost analýzy, snadný provoz, vyšší selektivita, robustnost a nízká spotřeba rozpouštědel [84; 88].

1.5.9 Prvková analýza pomocí atomová absorpční spektrometrie

Atomová absorpční spektrometrie (AAS) je jednou z nejčastěji používaných technik pro analytické účely. Je široce používána v odvětví potravinářském, environmentálním, farmaceutickém, ropném a další. AAS rozdělujeme podle typu atomizátoru a způsobu vnášení analytu na: AAS s atomizací v plameni (FL-AAS), AAS s elektrotermickou atomizací (ET-AAS), hydridová AAS (HG-AAS), metoda studených par (CV-AAS). Výběr vhodné techniky závisí na chemické povaze analytu a jeho obsahu ve vzorku, dále na chemickém složení vzorku a fyzikálních vlastnostech [89].

Hlavními částmi atomového absorpčního spektrometru jsou zdroj záření, atomizátor, monochromátor, detektor a vyhodnocovací systém. Jako zdroj záření se nejčastěji používá výbojka s dutou katodou (HCL) dále superlampa, multikatodová HCL, xenonová výbojka nebo laserové diody. Atomizátor je plamenový nebo elektrotermický ve formě grafitové píčky. Jako detektor je využíván fotonásobič nebo CCD detektor. Moderní přístroje jsou plně řízeny počítačem, pomocí něhož lze nastavit parametry analýzy, programovat autosampler, ukládat data, vytvořit kalibrační křivku a výsledky statisticky vyhodnotit [90].

Principem AAS je zavedení vzorku do atomizační jednotky, kde je desolvatován a následně atomizován. Atomy analytu následně absorbují záření o určité vlnové délce, která je charakteristická pro daný prvek a zároveň je přímo úměrná koncentraci analytu ve vzorku. Záření o určité vlnové délce je izolováno od ostatních vlnových délek a následně detekováno a vyhodnoceno. Tato technika je vhodná pro elementární analýzu [90].

Multielementární analýzu lze provést pomocí hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-MS). Jedná se o analytickou techniku používanou k měření a identifikaci prvků ve vzorku na základě ionizace vzorku. Vzorek je před samotným stanovením zkapalněn (zmineralizován), zmlžen a proudem nosného plynu (argonu) veden do plazmového hořáku. Zde dojde k desolvataci a ionizaci vzorku a vzniklé ionty jsou dále vedeny přes interface do hmotnostního analyzátoru, kde jsou ionty rozděleny na základě poměru hmotnost/náboj (m/z) a dále detekovány [91]. Množství analytu ve vzorku je zjištěno výpočtem z rovnice regrese kalibrační křivky nebo pomocí standardního přídatku [92]. Výhody této techniky oproti AAS jsou nižší detekční limit, rychlá analýza, minimum matricových interferencí a izotopová analýza [91].

1.6 Senzorická analýza

Senzorická analýza je poměrně mladý obor, jehož cílem je hodnocení potravin pomocí lidských smyslů a to chutí, zrakem, čichem, hmatem a sluchem. Tento obor se řadí mezi kontrolní metody hodnotící kvalitu potravinářských surovin a výrobků. Tuto metodu využívají jak výrobci potravin v souladu s nároky spotřebitelů, tak i orgány státní správy kontrolující hygienu potravin [93].

Při hodnocení chuti jsou rozeznávány 4 základní chutě a to sladká, slaná, kyselá a hořká, přičemž každá je vnímána jinou částí jazyka. Pátou chutí je tzv. umami, která je označována za lahodnou nebo delikátní a je vyvolávána zvýrazňovači chutě např. glutamanem sodným či inosínátem. Po ochutnání vzorku dojde k navázání chuťově aktivních látek na bílkovinné

receptory a následně je vzniklý vzruch přenášen nervy do centrální nervové soustavy, kde je dále zpracováván [93].

Pomocí hmatových smyslů jsou hodnoceny texturní vlastnosti vzorku (např. křehkost, tvrdost, přilnavost a pružnost). Jsou rozpoznávány dva hmatové smysly a to taktilní (hmatový) a kinestetický (pohybový), které informují o odlišných vjemech. Receptorové buňky taktilního smyslu se vyskytují v pokožce a na sliznicích a podávají informaci o vlastnostech povrchu vzorku (např. hladký nebo hrubý), zatímco kinestetický smysl podává informace o vlastnostech vzorku (např. křehký, pružný nebo tvrdý) [93].

Posuzovatelé, kteří jsou stěžejní pro uskutečnění sensorické analýzy se podle normy ČSN EN ISO 8586 dělí do tří skupin: posuzovatelé, vybraní posuzovatelé a experti. Posuzovatelé jsou lidé vybraní ze široké veřejnosti, kteří se nikdy nezúčastnili sensorické analýzy. Vybraní posuzovatelé jsou lidé, kteří byli vybráni pro sensorické hodnocení vzorků a náležitě vycvičení. Poslední skupinou jsou experti, kteří plně ovládají sensorické hodnocení a podávají kvalitní a reprodukovatelné výsledky [93; 94].

Samotná sensorická analýza by měla být prováděna na specializovaných pracovištích, které definuje norma ČSN ISO 8589. Obecně platí, že pracoviště by mělo být umístěno v klidné části budovy a samotná místnost rozdělena na jednotlivé kóje, aby se mezi sebou jednotliví posuzovatelé neovlivňovali. Celá místnost by měla působit neutrálně, přičemž stěny by měly být bílé a teplota a vlhkost vzduchu konstantní. Mezi jednotlivé hodnocení je nutné zařadit pauzu, aby nedošlo k ovlivnění hodnocení následujícího vzorku a dále je také zařazen neutralizátor chuti, nejčastěji čistá voda v případě testování pevných vzorků. Naopak při testování kapalných vzorků se jako neutralizátor chuti využívá nejčastěji bílé pečivo [93; 95].

2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

2.1 Přístroje a pomůcky

Analyzátor vlhkosti KERN DLB 160-3A	(Kern & Sohn GmbH, Německo)
Digitální analytické váhy KERN ABJ 320-4NM	(Kern & Sohn GmbH, Německo)
Váhy KERN FFN 15K5IPM	(Kern & Sohn GmbH, Německo)
Váhy KERN 440-35N	(Kern & Sohn GmbH, Německo)
Sušárna Heratherm AP-OMH60	(Fisher Scientific, spol. s r.o., ČR)
Centrifuga Sorvall ST4R Plus-MD	(Thermo Fisher Scientific, Německo)
Aparatura pro Soxhletovu extrakci R1	(Fisher Scientific, spol. s r.o., ČR)
Ultrazvuková lázeň SONOREX RK 106	(Bandelin, Německo)
pH metr Orion 420A	(Orion Research, Inc., USA)
Nožový mlýnek Retsch GM 200	(Retsch GmbH, Německo)
Kapalinový chromatograf Nexera X2	(Shimadzu, Japonsko)
Lyofilizátor L4-110	(Gregor Instruments s. r. o., ČR)
AquaLab TDL Water Activity Meter	(METER Group, Inc., USA)
Spektrofotometr UltraScan VIS	(HunterLab, USA)
Spektrofotometr UV-VIS Shimadzu UV-2600	(Shimadzu Corporation, Japonsko)
Posuvné měřítko INOX	(Somet, Československo)
Automatické pipety	(VWR International, USA)
Aparatura pro Soxhletovu extrakci	(Behr Labor-Technic GmbH, Německo)
Mikrovlnné zařízení Speedwave™ MWS-3+	(Berghof, Německo)
PTFE nádoby DAC-100S	(Berghof, Německo)
Q-ICP-MS Agilent 7900	(Agilent Technologies, Inc., USA)
Automatický elementární analyzátor Flash 2000 CHNS Analyzer	(Thermo Fisher Scientific, Německo)

Vaříč Sencor	(FAST ČR, a.s, ČR)
Vodní lázeň Memmert	(Memmert GmbH + Co. KG, Německo)
Frity VitraPOR 30ml-Por. 2	(ROBU Glasfilter-Geräte GmbH, Německo)

Exsikátory

Laboratorní nádobí

2.2 Použité chemikálie

Kyselina chlorovodíková 35%	(Lach-ner s. r. o., ČR)
Octan ethylnatý	(Lach-ner s. r. o., ČR)
Diethylether	(Lach-ner s. r. o., ČR)
Dusitan sodný	(Lach-ner s. r. o., ČR)
Hexahydrát chloridu hlinitého	(Lach-ner s. r. o., ČR)
Chlorid sodný	(Lach-ner s. r. o., ČR)
Kyselina dusičná	(Lach-ner s. r. o., ČR)
Ethanol 96%	(Lach-ner s. r. o., ČR)
Hydrogenfosforečnan sodný dodekahydrát	(Lach-ner s. r. o., ČR)
Hydroxid sodný	(PENTA s. r. o., ČR)
Dusičnan stříbrný	(PENTA s. r. o., ČR)
Chroman draselný	(PENTA s. r. o., ČR)
Dihydrogenfosforečnan sodný dihydrát	(PENTA s. r. o., ČR)
Folin & Ciocalteua činidlo	(Sigma-Aldrich, USA)
Kyselina 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-karboxylová	(Sigma-Aldrich, USA)
Katechin hydrát	(Sigma-Aldrich, USA)
Kyselina gallová	(Sigma-Aldrich, USA)
1,1-difenyl-2-(2,4,6-trinitrofenyl)hydrazyl	(Sigma-Aldrich, USA)

Kyselina m-fosforečná	(Sigma-Aldrich, USA)
Kyselina askorbová	(Sigma-Aldrich, USA)
Celatom	(Sigma-Aldrich, USA)
Kit pro stanovení celkové dietní vlákniny (TDF-100A, TDF-C10)	(Sigma-Aldrich, USA)
Uhličitan sodný	(J.T.Baker, Nizozemsko)
Methanol	(Honeywell, USA)
Hexan	(Honeywell, USA)
Aceton	(Honeywell, USA)
Peroxid vodíku	(Fluka Chemie AG, Švýcarsko)
Močovina	(Fluka Chemie AG, Švýcarsko)
Víceprvkový standard Supelco ICP IV obsahující prvky Li, B, Al, V, Cr, Fe, Ni, Co, As, Se, Rb, Sr, Zr, Mo, Ru, Pd, Cd, Sn, Sb, Cs, Ba, Hf, Re, Pt, Tl, Pb, Bi, Th, W, Ti, Be, Ag	(Merck, Německo)
Víceprvkový standard Astatol mix "M008" obsahující prvky La, Ce, Pr, Nd, U, Y, Tb, Ho, Yb, Sm, Eu, Gd, Er, Lu, Dy	(Analytika, spol. s r.o., ČR)
Jednoprvkové standardy prvků Na, Mg, P, K, Ca, Mn, Cu, Zn	(Analytika, spol. s r.o., ČR)
Standard Rh	(SCP Science, Kanada)
Destilovaná voda	(Univerzita Pardubice, ČR)
Redestilovaná voda	(Univerzita Pardubice, ČR)

2.3 Úprava kysaného zelí

V této práci bylo použito „Smetanovo kysané zelí ze statku“.

Kysané zelí bylo rozprostřeno na tácy, pokrájeno na menší kousky, zmrazeno při -25 °C a následně lyofilizováno při -110 °C po dobu 24 hodin. Z lyofilizovaného zelí byl odstraněn kmín. Takto připravené kysané zelí bylo pomleto pomocí nožového mlýnku při 8000 rpm po dobu 10 s.

2.4 Příprava sušenek

Sušenky byly připraveny z následujících surovin: 125 g hladké pšeničné mouky (Ramill, GoodMills Česko s. r. o., ČR), 1,34 g kypřicího prášku do pečiva (Dr.Oetker, spol. s. r. o., Kladno, ČR), 1,47 g cukru krupice (Tereos TTD, a. s., Dobruška, ČR), 1,44 g soli (K+S Czech Republic a. s. – závod Solné mlýny, Olomouc, ČR), 50 ml řepkového oleje (Bunge Zrt., Budapešť, Maďarsko), 60 ml teplé vody. Tato receptura byla použita pro kontrolní vzorek. U ostatních vzorků bylo podle Tabulky 3 ubíráno množství teplé vody v závislosti na zvyšujícím se množství přidaného prášku z kysaného zelí, jelikož je bráno v úvahu, že prášek z kysaného zelí obsahuje cca 10 % vody.

Tabulka 3: Změna receptury pro výrobu fortifikovaných sušenek práškem z kysaného zelí

Přídavek prášku z kysaného zelí [%]	Teplá voda [ml]	Prášek z kysaného zelí [g]
0	60,0	0,00
1	60,0	1,25
5	59,5	6,25
10	59,0	12,50
15	58,0	18,75

Všechny sypké přísady byly smíchány a následně byly přidány tekuté. Vše bylo důkladně promícháno, dokud nevzniklo homogenní těsto. Takto připravené těsto bylo vyváleno a následně byly pomocí kulatého vykrajovátka vykrojeny sušenky, které byly umístěny na plech vyložený pečícím papírem. Plech se sušenkami byl vložen do sušárny vyhřáté na 150 °C na 20 minut. Po upečení sušenky chladly 1 hodinu při laboratorní teplotě.

2.5 Měření rozměrů sušenek

Po zchladnutí sušenek byl měřen jejich průměr a výška pomocí posuvného měřítka INOX. Citlivost posuvného měřítka je 0,02 mm. Průměr sušenek byl měřen ve dvou na sebe kolmých

směrech. Průměr a výška byly u každé sušenky proměřeny 5x a výsledek uveden jako průměrná hodnota \pm směrodatná odchylka.

2.6 Měření aktivity vody

Aktivita vody byla měřena pomocí přístroje AquaLab TDL Water Activity Meter při 25 °C u celých i drcených sušenek. V plastových miskách na měření aktivity vody byly nejdříve proměřeny celé sušenky a následně rozdrcené sušenky, které byly rozprostřeny tak, aby bylo pokryto celé dno misky. Pinzetou byla miska vložena do přístroje a po ustálení rovnováhy (cca 30 minut) odečtena hodnota aktivity vody vzorku. Měření bylo provedeno ve třech opakováních pro každý vzorek.

2.7 Měření vlhkosti

Vlhkost vzorku byla měřena pomocí přístroje KERN DLB 160-3A. Na hliníkovou misku byl rozprostřen drcený vzorek sušenky a následně byla miska se vzorkem vložena do přístroje. Sušení při 103 °C bylo prováděno do doby, dokud během tří následujících intervalů trvajících 20 sekund nedošlo ke změně hmotnosti vzorku. Vlhkost byla měřena i u prášku z kysaného zelí. Výsledná hodnota je uvedena v % sušiny (poměr hmotnosti před a po sušení). U obou měření byl vzorek analyzovaný třikrát a výsledek uveden jako průměrná hodnota \pm směrodatná odchylka.

2.8 Měření barevnosti

Barevnost vzorku byla měřena pomocí přístroje UltraScan VIS s difuzní měřicí geometrií d/8° a standardizovaným osvětlením D65 metodou zahrnující složku z přímého odrazu (reflektance). Před samotným měřením byl přístroj standardizován. Nejdříve byla provedena standardizace na černou barvu pomocí světelné pasti, která byla přiložena k otvoru přístroje a následně na bílou barvu pomocí bílé kachle, která byla taktéž přiložena k otvoru přístroje. Po kalibraci byly proměřeny všechny vzorky stejným způsobem, jakým byla provedena kalibrace. Pro měření byla použita clona s otvorem o velikosti 9,5 mm. U všech vzorků byly měřeny následující parametry barevnosti L*, a*, b*, C* a h°. Všechny parametry byly u každé sušenky proměřeny v 10 opakováních.

2.9 Stanovení celkového obsahu vlákniny

Před stanovením celkového obsahu vlákniny bylo nutné odstranit tuk ze vzorků. Do 250ml Erlenmeyerových baněk bylo naváženo 5 g vzorku drcených sušenek a prášku z LKZ a přidáno 25 ml hexanu. Erlenmeyerovy baňky byly uzavřeny zátkou, vloženy na třepačku a třepány

po dobu 1 hodiny. Poté byly vzorky přefiltrovány přes skládaný filtrační papír, přes noc sušeny v sušárně při 105 °C, poté převedeny do zkumavek s víčkem a umístěny do exsikátoru nad vyžíhaný silikagel.

Podle metody AOAC 985.29 [96] byl do 400ml kádinek navážen 1 g vzorku drcených sušenek nebo prášku z LKZ. Následně bylo do každé kádinky přidáno 50 ml fosfátového pufru o pH 6 a 0,1 ml enzymu α -amylázy. Takto připravené vzorky byly promíchány, zakryty alobalem, vloženy na vodní lázeň a zahřívány na 95 °C po dobu 15 minut za občasného promíchání. Po vychladnutí na laboratorní teplotu bylo u vzorků upraveno pH pomocí cca 12 ml 0,275 M hydroxidu sodného na pH 7,3–7,7. Poté bylo ke každému vzorku přidáno 0,1 ml enzymu proteázy, který byl připraven rozpuštěním 50 mg proteázy v 1 ml fosfátového pufru (pH 6,0). Vzorky byly opět promíchány a zakryty alobalem a vloženy do vodní lázně, kde se zahřívaly na 60 °C po dobu 30 minut za občasného promíchání. Následně byly vzorky vychlazeny na laboratorní teplotu a pH bylo upraveno pomocí cca 12 ml 0,325 M HCl na hodnotu v rozmezí 4,0–4,6. Ke každému vzorku byl přidán 1 ml enzymu amyloglukosidázy a vše bylo promícháno. Po zakrytí kádinek alobalem byly vzorky zahřívány na vodní lázni při 60 °C po dobu 30 minut za občasného promíchání. Po vyndání z vodní lázně bylo ke vzorkům přidáno 280 ml 96% ethanolu. Takto připravené vzorky byly přes noc ponechány zakryté alobalem při laboratorní teplotě. Po vysrážení bílkovin, popela a vlákniny byly vzorky filtrovány. Předem vysušené a zvážené frity obsahující 0,5 g celatomu byly promyty 78% ethanolem. Po převedení vzorků do frit byly vzorky promyty postupně 60 ml 78% ethanolu, 20 ml 96% ethanolu a 20 ml acetonu. Frity se vzorky byly umístěny do sušárny a přes noc sušeny při 105 °C. Po vysušení byly frity umístěny do exsikátoru a po vychladnutí zváženy. Následně byly tyto frity se vzorky vloženy do pece, kde probíhalo spalování při 525 °C po dobu 5 hodin. Následně byly frity umístěny do exsikátoru a po vychladnutí zváženy, čímž byl zjištěn obsah popela ve vzorku. Stejným způsobem byl stanoven i slepý pokus, který neobsahoval vzorek.

Obsah celkové dietní vlákniny (Total Dietary Fiber) byl vypočítán podle následující Rovnice 2:

$$TDF [\%] = \frac{R_{vz} - A_{vz} - R_{sl} - A_{sl}}{m_{vz}} \cdot 100 \quad (2)$$

kde R_{vz} je hmotnost zbytku ve vzorku po srážení, A_{vz} hmotnost popela ve vzorku, R_{sl} hmotnost zbytku ve slepém pokusu po srážení, A_{sl} hmotnost popela ve slepém pokusu a m_{vz} je navážka vzorku.

Vzorek byl analyzovaný dvakrát a výsledek vyhodnocen na obsah sušiny a výsledné hodnoty zapsány jako aritmetický průměr \pm směrodatná odchylka.

2.10 Stanovení obsahu tuku

Stanovení obsahu tuku bylo provedeno metodou podle Soxhleta. Do extrakčních patron byl navážen 1 g vzorků drcených sušenek a prášku z LKZ. Následně byla patrona uzavřena kouskem vaty a vložena do extrakčního přístroje. Pod extrakčního přístroj byla nasazena zvážená extrakční baňka. Dále byl do extrakčního přístroje nalit diethylether a nasazen chladič. Extrakce probíhala při 30 % výkonu po dobu 5 hodin. Po ukončení extrakce byl diethylether vypuštěn a extrakční baňka byla sušena v sušárně při 105 °C po dobu 15 minut. Následně byla vysušená baňka vložena na 30 minut do exikátoru a poté zvážena. Odečtením hmotnosti prázdné baňky od baňky s tukem byl získán obsah tuku ve vzorkách [68]. Vzorek byl analyzován dvakrát a výsledek vyhodnocen na obsah sušiny a výsledné hodnoty zapsány jako aritmetický průměr \pm směrodatná odchylka.

2.11 Stanovení obsahu bílkovin

Obsah dusíku ve vzorkách drcených odtučněných sušenek a odtučněného prášku z LKZ (postup extrakce tuku je popsán v kapitole 2.2) byl proměřen v Ústavu organické chemie a technologie na Fakultě chemicko-technologické v Pardubicích servisní činností na automatickém elementárním analyzátoru Flash 2000 CHNS Analyzer. Výsledné hodnoty byly vynásobeny empirickým faktorem 6,25 pro přepočítání obsahu dusíku na obsah bílkovin. Vzorek byl analyzován dvakrát a výsledek vyhodnocen na obsah sušiny a výsledné hodnoty zapsány jako aritmetický průměr \pm směrodatná odchylka.

2.12 Stanovení obsahu sacharidů

Obsah sacharidů byl stanoven výpočtem, kdy od hmotnosti sušenky byl odečten průměrný obsah vlhkosti, tuku, vlákniny a popela.

2.13 Stanovení obsahu soli

Stanovení obsahu soli bylo provedeno pomocí argentometrické titrace s využitím titrační metody podle Mohra. Zásobní roztok titračního činidla dusičnanu stříbrného o koncentraci 0,05 M byl standardizován na chlorid sodný. Navážením 1,3443 g chloridu sodného a rozpuštěním v 0,5 l destilované vody vznikl roztok chloridu sodného o koncentraci 0,04601 M. Z takto připraveného roztoku bylo odpipetováno 10 ml do titrační baňky, dále bylo přidáno cca 50 ml destilované vody a 1 ml 5% chromanu draselného jako indikátoru bodu

ekvivalence. Žlutě zbarvený roztok byl titrován roztokem dusičnanu stříbrného do hnědočerveného zbarvení. Byly provedeny tři standardizace, které byly následně zprůměrovány, čímž byla zjištěna přesná koncentrace 0,05129 M odměrného roztoku dusičnanu stříbrného.

Podle metody AOAC 960.29 [97] bylo do titračních baněk naváženo 0,7–1,2 g vzorků drcených sušenek nebo prášku z LKZ. Následně bylo do každé titrační baňky přidáno 100 ml destilované vody a takto připravené vzorky byly zahřívány k varu na elektrickém vařiči, čímž došlo k uvolnění Cl⁻ iontů do roztoku. Poté byly baňky sejmuty z vařiče, nechaly se 30 minut louhovat a následovalo ochlazení na laboratorní teplotu. K takto připraveným vzorkům byl přidán 1 ml 5% chromanu draselného jako indikátoru a byla zahájena titrace odměrným roztokem dusičnanu stříbrného ze žlutého do hnědočerveného zbarvení. Podle Rovnice 3 bylo vypočítáno množství soli ve vzorkách:

$$\% hm_{NaCl} = \frac{c_{AgNO_3} \cdot V_{AgNO_3} \cdot M_{NaCl}}{m_{vz}} \cdot 100 \quad (3)$$

kde c_{AgNO_3} je přesná koncentrace odměrného roztoku AgNO₃ [M], V_{AgNO_3} objem spotřebovaného odměrného roztoku AgNO₃ [l], M_{NaCl} molární hmotnost NaCl [g/mol] a m_{vz} je hmotnost navážky vzorku [g].

Vzorek byl analyzován třikrát a výsledek vyhodnocen na obsah sušiny a výsledné hodnoty zapsány jako aritmetický průměr ± směrodatná odchylka.

2.14 Stanovení antioxidačních vlastností

2.14.1 Extrakce volných fenolických látek

Do skleněných lahvíček byly naváženy 2 g vzorků drcených sušenek nebo prášku z LKZ. Dále bylo do každé lahvíčky přidáno 8 ml 80% methanolu a 1 kapka octanu ethylnatého. Takto připravené vzorky byly vloženy na 30 minut do ultrazvukové lázně. Následně byl obsah zkumavek převeden do centrifugačních zkumavek a centrifugovány při 6000 rpm po dobu 15 minut. Supernatanty byly odpipetovány, uchovány při teplotě -20 °C a použity pro analýzu volných fenolických látek [98].

2.14.2 Extrakce vázaných fenolických látek

Sedimenty z předešlé extrakce byly promyty cca 20 ml destilované vody a centrifugovány při 4000 rpm po dobu 10 minut. Voda byla odpipetována a do každé centrifugační zkumavky bylo přidáno 25 ml 0,1M NaOH. Takto připravené vzorky byly vloženy na 30 minut

do ultrazvukové lázně a následně centrifugovány při 6000 rpm po dobu 15 minut. Následně bylo k supernatantům přidáno cca 6 kapek 6M HCl na úpravu pH v rozmezí 3–5. Vzorky byly znovu centrifugovány při 6000 rpm po dobu 15 minut. Supernatanty byly odpipetovány, uchovány při teplotě -20 °C a použity pro analýzu vázaných fenolických látek [98].

2.14.3 Stanovení celkového obsahu fenolických látek

Extrakt z prášku z LKZ pro stanovení volných fenolických látek byl 10x zředěn 80% methanolem a pro stanovení vázaných fenolických látek destilovanou vodou. Extrakty sušenek ředěny nebyly. Do zkumavky s víčkem bylo pipetováno 400 µl vzorku, 1 ml 80% methanolu, 5 ml destilované vody a 0,5 ml Folin-Ciocalteuova činidla. Takto připravený roztok byl nechán 5 minut v temnu. Poté byl do zkumavek přidán 1 ml 5% uhličitanu sodného a zkumavky následně ponechány 60 minut v temnu. Po uplynutí reakční doby byla měřena absorbance při vlnové délce 765 nm (převzato z diplomové práce Bc. Kateřiny Jelínkové [99]). Slepý pokus pro volné a vázané fenolické látky byl připraven stejným způsobem, ale místo extraktu obsahoval 400 µl daného extrakčního činidla. Výsledná koncentrace fenolických látek byla vypočítána z kalibrační křivky kyseliny gallové a je udávána jako ekvivalent kyseliny gallové v sušině vzorku (mg KG/g v LKZ nebo µg KG/g v sušenkách). Pro vzorek byly zhotoveny dva extrakty, které byly analyzovány dvakrát, tudíž pro vzorek byly získány 4 hodnoty. Výsledek byl vyhodnocen na obsah sušiny a výsledné hodnoty zapsány jako aritmetický průměr ± směrodatná odchylka.

Zásobní roztok byl připraven navážením 0,0506 g kyseliny gallové do 100ml odměrné baňky, která byla následně methanolem doplněna po rysku. Ze zásobního roztoku byla připravena kalibrační řada v rozmezí 5–100 µg/ml. Poté byla kalibrační řada proměřena stejným způsobem jako vzorky.

2.14.4 Stanovení antioxidační aktivity metodou s DPPH

Methanolický roztok DPPH radikálu byl připraven navážením 12,5 mg činidla do 500ml odměrné baňky.

Extrakt zelí pro stanovení volných fenolických látek byl 10x zředěn 80% methanolem a pro stanovení vázaných fenolických látek destilovanou vodou. Extrakty sušenek ředěny nebyly. Do zkumavky s víčkem bylo pipetováno 5 ml roztoku radikálu DPPH, 400 µl vzorku a takto připravené zkumavky byly 60 minut ponechány v temnu při laboratorní teplotě. Poté byla měřena absorbance při vlnové délce 517 nm (převzato z diplomové práce Bc. Marie Kudrnáčové [100]). Slepý pokus pro volné a vázané fenolické látky byl připraven stejným

způsobem, ale místo extraktu obsahoval 400 µl daného extrakčního činidla. Naměřená absorbance byla přepočítána na procenta inhibice (Rovnice 4) a z kalibrační křivky Troloxu byly vypočítány koncentrace, které jsou uváděny jako ekvivalent Troloxu.

$$\text{Inhibice [\%]} = \frac{A_{sl} - A_{vz}}{A_{sl}} \cdot 100 \quad (4)$$

kde A_{sl} je absorbance slepého pokusu a A_{vz} absorbance vzorku.

Kalibrační řada byla připravena ze zásobního roztoku Troloxu, který byl připraven navážením 0,0251 g Troloxu do 25ml odměrné baňky a doplněn methanolem po rysku. Ze zásobního roztoku byla pro volné fenolické látky připravena kalibrační řada v rozmezí 10–120 µg/ml a pro vázané fenolické látky v rozmezí 20–120 µg/ml. Poté byla kalibrační řada proměřena stejným způsobem jako vzorky, přičemž reakční doba byla zkrácena na 20 minut. Výsledky byly vyjádřeny jako ekvivalent Troloxu v sušině vzorku (mg Trolox/g v LKZ a µg Trolox/g v sušenkách). Pro vzorek byly zhotoveny dva extrakty, které byly analyzovány dvakrát, tudíž pro vzorek byly získány 4 hodnoty. Výsledek byl vyhodnocen na obsah sušiny a výsledné hodnoty zapsány jako aritmetický průměr ± směrodatná odchylka.

2.14.5 Stanovení obsahu flavonoidů

Extrakt zelí pro stanovení volných fenolických látek byl 10x zředěn 80% methanolem a pro stanovení vázaných fenolických látek destilovanou vodou. Extrakty sušenek ředěny nebyly. Do zkumavky s víčkem bylo pipetováno 400 µl vzorku a 0,6 ml 5% dusitanu sodného. Po 5 minutách byl přidán 1 ml 2% chloridu hlinitého a po dalších 6 minutách 1 ml 1,0M NaOH. Takto připravené zkumavky byly ponechány 10 minut v temnu při laboratorní teplotě. Následně byla měřena absorbance při vlnové délce 510 nm (převzato z článku Pěkal a kol. (2014) [101]). Při přípravě slepého pokusu pro volné a vázané fenolické látky byl 2% chlorid hlinitý nahrazen destilovanou vodou. Výsledná koncentrace flavonoidů byla vypočítána z kalibrační křivky katechinu a je udávána jako ekvivalent katechinu v sušině vzorku (mg KAT/g v LKZ a µg KAT/g v sušenkách). Pro vzorek byly zhotoveny dva extrakty, které byly analyzovány dvakrát, tudíž pro vzorek byly získány 4 hodnoty. Výsledek byl vyhodnocen na obsah sušiny a výsledné hodnoty zapsány jako aritmetický průměr ± směrodatná odchylka.

Zásobní roztok byl připraven navážením 0,0500 g katechinu do 100ml odměrné baňky a doplněním methanolem po rysku. Ze zásobního roztoku byla připravena kalibrační řada v rozmezí 0,5–6 µg/ml. Poté byla kalibrační řada proměřena stejným způsobem jako vzorky.

2.15 Stanovení obsahu vitamínu C

Do centrifugačních zkumavek bylo naváženo 0,5 g vzorků drcených sušenek nebo prášku z LKZ. Ke vzorkům sušenek bylo přidáno 5 ml a ke vzorku prášku z lyofilizovaného zelí 25 ml 3% roztoku kyseliny *m*-fosforečné jako extrakčního činidla. Takto připravené vzorky byly vloženy na 15 minut do ultrazvukové lázně a následně centrifugovány při 6000 rpm po dobu 15 minut. Supernatant byl odpipetován a následně přefiltrován přes PTFE stříkačkový filtr s velikostí pórů 0,22 μm do vialek. Pro vzorek byly zhotoveny dva extrakty, které byly analyzovány dvakrát, tudíž pro vzorek byly získány 4 hodnoty. Výsledek byl vyhodnocen na obsah sušiny a výsledné hodnoty zapsány jako aritmetický průměr \pm směrodatná odchylka.

Kalibrační řada vitamínu C byla připravena ze zásobního roztoku o koncentraci 1 g/l, který byl připraven navážením 0,01 g kyseliny askorbové do 10ml odměrné baňky a doplněn 3% roztokem kyseliny *m*-fosforečné po rysku. Kalibrační roztoky byly připraveny o koncentracích 0,5–100 $\mu\text{g/ml}$.

Pro stanovení obsahu vitamínu C byl použit kapalinový chromatograf Nexera X2 s PDA detekcí. K detekci byla použita vlnová délka 244 nm. Separace probíhala na koloně C18 (100 mm x 2,1 mm, velikost částic 3 μm) za využití isokratické eluce. Jako mobilní fáze byla použita redestilovaná voda s přídavkem kyseliny *m*-fosforečné o výsledném pH 2,8. Průtok mobilní fáze byl nastaven na 1 ml/min a množství dávkovaného vzorku bylo 10 μl . Teplota separace byla 30 °C. Retenční čas vitamínu C byl 3,5 minuty.

2.16 Prvková analýza pomocí ICP-MS

Mineralizace byla provedena v mikrovlnném zařízení SpeedwaveTM MWS-3+. Do PTFE nádob bylo naváženo 200 mg vzorku drcených sušenek. Následně bylo do každé nádoby přidáno 5 ml 65% kyseliny dusičné a 2 ml 30% peroxidu vodíku. Takto připravené nádoby byly uzavřeny teflonovými víčky, vloženy do teflonových pouzder, které byly umístěny do karuselu. Následoval mineralizační rozklad vzorků podle teplotního programu uvedeného v Tabulce 4. Po dokončení mineralizace byly čiré mineralizáty ochlazeny a převedeny do 25ml odměrných baněk, které byly doplněny redestilovanou vodou po rysku. Takto připravené vzorky byly převedeny do 15ml zkumavek s víčkem.

Tabulka 4: Teplotní program mikrovlnné mineralizace

Krok	T [°C]	p [bar]	Ramp	Hold	P [%]
1	170	40	5	5	70
2	230	40	5	35	80
3	50	40	1	5	0
4	50	40	0	5	0
5	50	40	0	5	0

Ze zásobních roztoků byla připravena kalibrační řada v rozmezí 1–100 µg/l Li, B, Al, V, Cr, Fe, Ni, Co, As, Se, Rb, Sr, Zr, Mo, Ru, Pd, Cd, Sn, Sb, Cs, Ba, Hf, Re, Pt, Tl, Pb, Bi, Th, W, Ti, Be, Ag, La, Ce, Pr, Nd, U, Y, Tb, Ho, Yb, Sm, Eu, Gd, Er, Lu, Dy a v rozmezí 0,5–10 mg/l Na, Mg, P, K, Ca, Mn, Cu, Zn [102].

Prvková analýza byla provedena hmotnostní spektrometrií s indukčně vázaným plazmatem s kvadrupólem jako analyzátozem pomocí přístroje Q-ICP-MS Agilent 7900. Byly proměřeny všechny vzorky a kalibrační řada. Mezi jednotlivými vzorky byl přístroj promyt 2,0M kyselinou dusičnou. Jako interní standard bylo použito Rh o koncentraci 200 µg/l. Z rovnic kalibračních křivek pro daný prvek byla vypočítána jejich koncentrace ve vzorku [102]. Každý vzorek byl třikrát proměřen, výsledky vyhodnoceny na obsah sušiny sušenky a výsledné hodnoty zapsány jako aritmetický průměr ± směrodatná odchylka.

2.17 Senzorická analýza

Pro senzorickou analýzu byly den předem upečeny sušenky s 1, 5, 10 a 15% přídatkem prášku z LKZ dle postupu uvedeném v kapitole 2.4. Upečené sušenky byly po vychladnutí vloženy do plastových boxů s víčkem a do druhého dne uchovány v temnu. Samotné senzorické hodnocení probíhalo na Fakultě chemicko-technologické.

Před samotným začátkem senzorické analýzy byl posuzovatelům vysvětlen postup a cíl senzorické analýzy a dále byly seznámeni s hodnotícími tabulkami a postupem zaznamenávání výsledků do tabulek. Každému posuzovateli byly na papírový tácek připraveny jednotlivé sušenky, kterým byly přiřazeny třímístné kódy. Jako neutralizátor chuti byla použita pitná voda. Pro každou obohacenou sušenku byla vytvořena 7-bodová hédonická stupnice, přičemž 1 odpovídala hodnocení vynikající, 3 dobrý a 7 nevyhovující. Podle této stupnice byla posuzovateli hodnocena celková chuť a konzistence sušenky s přídatkem prášku z LKZ. Vzor dotazníkového formuláře je uveden v Příloze 7. Po zhodnocení všech vzorků sušenek byly výsledky vyhodnoceny a výsledek uveden jako medián s mezikvartilovou odchylkou a modem.

2.18 Zpracování dat

Tato diplomová práce byla napsána v textovém editoru Microsoft Office Word 365. Všechny naměřené hodnoty byly zpracovány pomocí programu Microsoft Office Excel 365. Data byla statisticky vyhodnocena v programu Statistica 12 (StatSoft CR s.r.o., ČR) pomocí jednofaktorové ANOVY a párového porovnávání s využitím Duncanovy metody na hladině pravděpodobnosti $p = 0,05$.

3 VÝSLEDKY A DISKUZE

3.1 Nutriční složení prášku z lyofilizovaného kysaného zelí

Lyofilizací bylo ze vzorku odstraněno $90,67 \pm 0,22$ % vlhkosti. Dále u vzorku prášku z LKZ byl stanoven obsah vlhkosti po lyofilizaci pomocí analyzátoru vlhkosti. Vlhkost vzorku vyšla $9,46 \pm 1,20$ %. Celkový obsah vlákniny ve vzorku sušiny prášku z LKZ, jehož postup stanovení je uveden v kapitole 2.9, byl stanoven na $37,63 \pm 0,09$ %. V původním kysaném zelí bylo obsaženo 3,18 % vlákniny. Obsah tuku ve vzorku sušiny prášku z LKZ byl stanoven Soxhletovou extrakcí podle postupu uvedeném v kapitole 2.10. Bylo zjištěno, že sušina vzorku obsahovala $2,93 \pm 0,27$ % tuku a původní kysané zelí 0,25 % tuku. Obsah bílkovin byl stanoven podle postupu uvedeném v kapitole 2.11. Ve vzorku sušiny prášku z LKZ bylo stanoveno $16,53 \pm 0,05$ % bílkovin. Obsah bílkovin v původním kysaném zelí vyšel 1,40 %.

Podle postupu uvedeném v kapitole 2.12 byl vypočítán obsah sacharidů ve vzorku sušiny prášku z LKZ, který vyšel 26,63 %. Hodnota byla získána z průměrných hodnot ostatních nutričních složek, proto je výsledek uveden bez směrodatné odchylky. Po přepočtu bylo zjištěno, že původní kysané zelí obsahovalo 2,25 % sacharidů. V článku publikovaném Whelanem (2021) je uvedeno, že kysané zelí původem ze Spojeného království obsahuje v průměru 2,4 g sacharidů na 100 g kysaného zelí [103]. Obsah sacharidů v analyzovaném „Smetanově kysaném zelí ze statku“ se významně neliší od zelí ze Spojeného království.

Podle postupu uvedeném v kapitole 2.13 nebylo možné obsah soli ve vzorku prášku z LKZ stanovit, jelikož přirozené zabarvení roztoku znemožňovalo vizuální vyhodnocení bodu ekvivalence.

V porovnání s Tabulkou 1 uvedené v kapitole 1.2.2 je „Smetanovo kysané zelí ze statku“ analyzované v této práci nutričně bohatší. Jak už bylo výše řečeno, odlišnosti nutričního složení daného kysaného zelí je způsobeno různými zemědělskými postupy, úpravami po sklizni, vařením a v neposlední řadě druhem zelí a oblastí pěstování.

3.1.1 Antioxidační vlastnosti

Celkový obsah fenolických látek, antioxidační aktivita zjišťována metodou s DPPH a obsah flavonoidů byly stanovovány v extraktu z prášku LKZ zhotoveného podle postupů extrakce volných a vázaných fenolických látek uvedených v kapitolách 2.14.1 a 2.14.2. Extrakt vzorku byl 10x naředěn. Samotné stanovení bylo provedeno podle postupů uvedených v kapitolách 2.14.3, 2.14.4 a 2.14.5.

Po stanovení celkového obsahu fenolických látek byl z naměřených dat pomocí kalibrační křivky kyseliny gallové (Příloha 1) vypočítán obsah volných a vázaných fenolických látek ve vzorku a výsledek uveden jako mg KG/g sušiny vzorku.

Po stanovení antioxidační aktivity metodou s DPPH byla z naměřených dat pomocí kalibrační křivky Troloxu (Přílohy 2 a 3) vypočítána antioxidační kapacita extraktu obsahující volné a vázané fenolické látky a následně výsledek uveden jako mg Trolox/g sušiny vzorku.

Po stanovení obsahu flavonoidů byl z naměřených dat pomocí kalibrační křivky katechinu (Příloha 4) vypočítán obsah volných flavonoidů ve vzorku a výsledek uveden jako mg KAT/g sušiny vzorku.

Vitamín C byl stanovován podle postupu uvedeném v kapitole 2.15. Po stanovení obsahu vitamínu C byl z naměřených dat pomocí kalibrační křivky kyseliny askorbové (Příloha 5) vypočítán obsah vitamínu C ve vzorku a výsledek uveden jako mg kyseliny askorbové na g sušiny vzorku.

Tabulka 5: Obsah fenolických látek, flavonoidů, vitamínu C a antioxidační kapacita prášku z lyofilizovaného kysaného zelí (průměrná hodnota ± směrodatná odchylka, N = 4)

Celkový obsah fenolických látek		Antioxidační kapacita DPPH		Obsah flavonoidů		Vitamín C
[mg KG/g]		[mg KAT/g]		[mg Trolox/g]		[mg/g]
volné	vázané	volné	vázané	volné	vázané	
0,6 ± 0,0	2,3 ± 0,5	4,2 ± 0,1	6,3 ± 0,5	0,1 ± 0,0	Pod mezí detekce	2,5 ± 0,0

KG je ekvivalent kyseliny gallové a KAT ekvivalent katechinu.

Z výše uvedené Tabulky 5 je zřejmé, že prášek z LKZ obsahuje více fenolických látek ve vázané formě. Ve vzorku byly stanoveny flavonoidy pouze ve volné formě naopak ve vázané formě nebyly detekovány. Z uvedených výsledků bylo zjištěno, že ve 100 g původního kysaného zelí bylo obsaženo 5,1 mg volných a 19,4 mg vázaných fenolických látek. Extrakt frakce volných fenolických látek měl antioxidační kapacitu 35,5 mg KAT a vázaných 53,2 mg KAT na 100 g kysaného zelí. Ve 100 g kysaného zelí bylo také stanoveno 0,8 mg volných flavonoidů a 21,1 mg vitamínu C. Z této analýzy vyplývá, že kysané zelí je opravdu bohatým zdrojem antioxidantů.

Ve studii publikované Kusznierewiczovou (2008) bylo zjištěno a potvrzeno, že během fermentace roste antioxidační aktivita kysaného zelí. Tento jev je způsoben tím, že zelí je před

fermentací nakrájeno, čímž dojde k uvolnění fenolických látek a dále chemickým procesem probíhajícím za přítomnosti bakterií mléčného kvašení. Toto se však děje v případě spontánní fermentace. Pokud je fermentace přísně kontrolována a jsou použity izolované kmeny bakterií mléčného kvašení, nemusí dojít ke změně antioxidačních vlastností v porovnání s čerstvým zelím. Je tedy zřejmé, že podmínky výroby kysaného zelí silně ovlivňují jeho antioxidační vlastnosti [104].

3.2 Vlastnosti sušenek s přidavkem prášku z lyofilizovaného kysaného zelí

Hodnoty průměru, výšky, aktivity vody a vlhkosti sušenek s přidavkem prášku z LKZ jsou uvedeny v Tabulce 6.

Tabulka 6: Fyzikální vlastnosti sušenek s přidavkem prášku z lyofilizovaného kysaného zelí (průměrná hodnota \pm směrodatná odchylka, průměr a výška sušenek $N = 5$, aktivita vody a vlhkost $N = 3$)

Přídavek prášku z kysaného zelí [%]	Průměr sušenky [cm]	Výška sušenky [cm]	Aktivita vody celých sušenek	Aktivita vody drcených sušenek	Vlhkost [%]
0	$2,29 \pm 0,10^A$	$0,89 \pm 0,11^A$	$0,456 \pm 0,025^A$	$0,584 \pm 0,009^A$	$6,81 \pm 1,79^A$
1	$2,28 \pm 0,11^A$	$1,03 \pm 0,07^B$	$0,537 \pm 0,006^C$	$0,700 \pm 0,013^C$	$6,94 \pm 0,85^A$
5	$2,38 \pm 0,08^{AB}$	$0,93 \pm 0,10^{AB}$	$0,517 \pm 0,015^{BC}$	$0,714 \pm 0,016^C$	$7,06 \pm 0,41^A$
10	$2,38 \pm 0,08^{AB}$	$1,09 \pm 0,06^B$	$0,523 \pm 0,012^C$	$0,706 \pm 0,016^C$	$7,28 \pm 0,24^A$
15	$2,40 \pm 0,06^B$	$1,02 \pm 0,07^B$	$0,491 \pm 0,012^B$	$0,670 \pm 0,020^B$	$7,36 \pm 1,03^A$

Různá písmena u hodnot v horním pravém indexu označují statisticky významný rozdíl ve sloupci ($p < 0,05$) stanovený Duncanovým testem.

Z výše uvedené Tabulky 6 je zřejmé, že průměr sušenky vykazuje mírně rostoucí trend. Statisticky významný rozdíl je zřetelný mezi kontrolním vzorkem s 0% přidavkem, respektive vzorkem s 1% přidavkem prášku z LKZ a vzorkem s 15% přidavkem prášku z LKZ. Výška sušenek nevykazuje žádný trend, přestože mezi jednotlivými hodnotami jsou drobné rozdíly. Lze říci, že přídavek prášku z LKZ má významný vliv na průměr, ale na výšku sušenky nikoliv.

Mezi hodnotami aktivity vody celých a drcených sušenek jsou zřetelné rozdíly. Z výše uvedené Tabulky 6 je zřejmé, že aktivita vody drcených sušenek je vyšší než u sušenek celých. Nejnižší aktivitu vody vykazoval kontrolní vzorek při měření celé sušenky, kdy bylo naměřeno $0,456 \pm 0,025$. Přestože vzorky mají rozdílné hodnoty, nevykazují žádný významný trend. Aktivita vody (a_w) je definována jako voda, která není chemicky vázána a je dosažitelná

pro mikroorganismy. Hodnoty aktivity vody se pohybují v rozmezí od 0–1 a podle toho se dělí potraviny do třech skupin: potraviny velmi vlhké (a_w 1–0,9), středně vlhké (a_w 0,9–0,6) a suché ($a_w < 0,6$). Z Tabulky 5 lze celé sušenky zařadit mezi suché potraviny a drcené sušenky mezi potraviny středně vlhké mimo kontrolního vzorku, který lze považovat taktéž za suchou potravinu. Jelikož každý mikroorganismus potřebuje k životu určité minimální množství vody obsažené v potravinách, je aktivita vody určujícím faktorem trvanlivosti potravin, podle kterého můžeme očekávat výskyt mikroorganismů v potravinách. Obecně platí, že bakterie vyžadují prostředí s vyšší aktivitou vody (0,9–0,91) než kvasinky (0,87–0,94) a plísně (0,7–0,8), které snášejí i nižší hodnoty. Pokud je hodnota $a_w < 0,6$ nepředpokládá se výskyt jakýkoliv mikroorganismů v potravinách. V případě výsledků v Tabulce 5 lze říci, že sušenky v původní podobě nejsou náchylné k mikrobiální kontaminaci. Naopak u drcených sušenek lze po čase očekávat výskyt plísní, konkrétněji se to týká drcených sušenek s 1, 5 a 10% přídavkem prášku z LKZ. S aktivitou vody také souvisí organoleptické vlastnosti potravin, kdy v rozmezí a_w 0,35–0,5 jsou potraviny křupavé a křehké, což je žádoucí vlastnost. Výsledkem tedy je, že přídavkem prášku z LKZ došlo ke zvýšení hodnot a_w u vzorků sušenek ve srovnání s kontrolním vzorkem. Uvnitř vzorků může být dosaženo kritických hodnot a_w pro růst některých osmofilních plísní. Sušenky vykazují žádoucí organoleptické vlastnosti jako je křehkost a křupavost [105].

Posledním sledovaným fyzikálním parametrem byla vlhkost. Přestože je zde viditelný vzrůstající trend se zvyšujícím se množstvím přídavku prášku, statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými sušenkami nebyly potvrzeny. Tudíž přídavek prášku z LKZ nemá významný vliv na vlhkost sušenek.

3.2.1 Barevnost

Barevnost vzorků sušenek byla změřena podle postupu uvedeném v kapitole 2.8.

Tabulka 7: Hodnoty barevnosti sušenek s přidavkem prášku z lyofilizovaného kysaného zelí (průměrná hodnota ± směrodatná odchylka, N = 10)

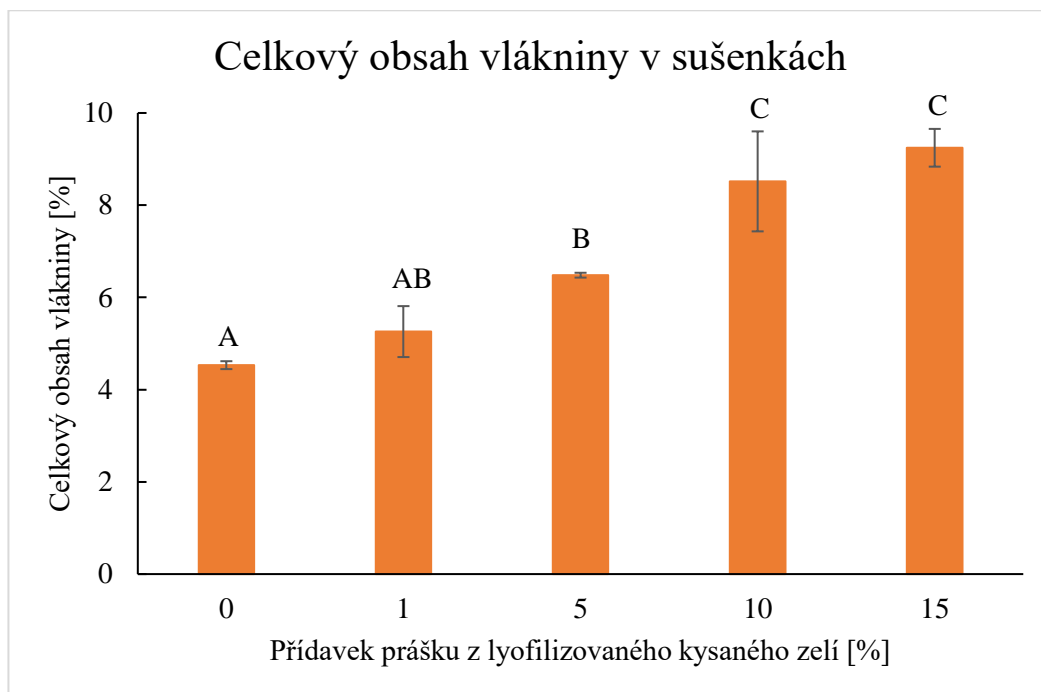
Přídavek prášku z kysaného zelí [%]	L*	a*	b*	C*	h°	ΔE
0	59,4 ± 3,4 ^A	1,2 ± 0,5 ^A	19,3 ± 1,9 ^A	19,4 ± 2,0 ^A	86,6 ± 1,2 ^C	
1	61,0 ± 1,6 ^A	1,0 ± 0,5 ^A	19,5 ± 1,2 ^A	19,5 ± 1,2 ^A	87,0 ± 1,3 ^C	1,6
5	59,3 ± 5,2 ^A	1,0 ± 0,4 ^A	20,9 ± 2,1 ^A	20,9 ± 2,1 ^A	87,2 ± 1,0 ^C	1,6
10	60,4 ± 2,3 ^A	2,5 ± 1,3 ^B	23,7 ± 2,6 ^B	23,8 ± 2,7 ^B	84,1 ± 2,3 ^B	4,6
15	58,8 ± 2,5 ^A	3,3 ± 1,1 ^C	24,8 ± 2,2 ^B	25,1 ± 2,3 ^B	82,5 ± 2,1 ^A	5,9

Různá písmena u hodnot v horním pravém indexu označují statisticky významný rozdíl ve sloupci ($p < 0,05$) stanovený Duncanovým testem.

Z výše uvedené Tabulky 7 je zřejmé, že přidavek prášku z LKZ nemá žádný vliv na změnu jasu (L^*). Hodnoty se pohybují v rozmezí 58,8–61,0, proto lze říci, že sušenky spadají do světlejší části škály (Obr. 15). U chromatických souřadnic a^* a b^* jsou znatelné statisticky významné rozdíly s viditelným vzrůstajícím trendem. Parametr a^* nabývá kladných hodnot, což znamená, že se barva sušenek pohybuje v červené oblasti, avšak hodnoty jsou tak malé, že toto zbarvení není okem zřetelné. K významnému nárůstu parametru a^* došlo u vzorků sušenek s 10 a 15% přidavkem prášku z LKZ. Kladných hodnot nabývá i parametr b^* , tudíž se barva sušenek pohybuje ve žluté oblasti. Sušenky s 10 a 15% přidavkem jsou žlutější než sušenky s 0, 1 a 5% přidavkem. Je zřejmé, že přidavek prášku z LKZ má vliv na chromatické souřadnice především u vyšších koncentrací. Podle parametru sytosti (C^*) lze říci, že sytější jsou sušenky s 10 a 15% přidavkem. Odstín (h°) vykazuje klesající trend a mezi 5, 10 a 15% přidavkem byly zjištěny statisticky významné rozdíly. Odstín sušek se nachází mezi červenou a žlutou barvou, přičemž hodnoty odstínového úhlu všech sušenek se nachází v blízkosti žluté barvy. Podle barvové odchylky ΔE (Rovnice 1) je zřejmé, že mezi kontrolním vzorkem sušenky a sušenkami s 1 a 5% přidavkem je jasně postřehnutelný rozdíl a mezi kontrolním vzorkem sušenky a sušenkami s 10 a 15% přidavkem je střední rozdíl (Tab. 2). Vizuální podoba sušenek se nachází v Příloze 6.

3.2.2 Celkový obsah vlákniny

Celkový obsah vlákniny byl stanoven podle postupu uvedeném v kapitole 2.9. Výsledky byly přepočítány na obsah sušiny (Obr. 16).

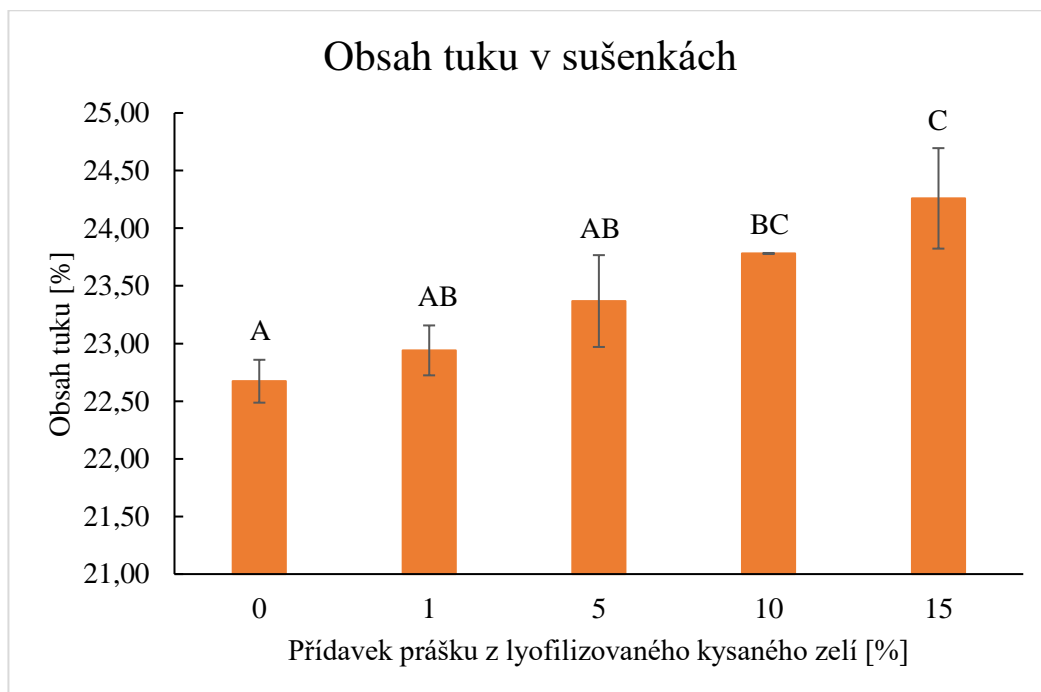


Obrázek 16: Celkový obsah vlákniny v sušenkách s přidavkem prášku z lyofilizovaného kysaného zelí (průměrná hodnota \pm směrodatná odchylka, $N = 2$); Různá písmena u sloupců grafu označují statisticky významný rozdíl mezi sloupci ($p < 0,05$) stanovený Duncanovým testem.

Z výše uvedeného Obrázku 16 lze říci, že přidavek prášku z LKZ má vliv na celkový obsah vlákniny v sušenkách a hodnoty obsahu vlákniny vykazují rostoucí trend. Tento výsledek byl očekáván, jelikož kysané zelí je považováno za významný zdroj vlákniny. U dospělých se doporučený minimální denní příjem vlákniny pohybuje okolo 30 g/den. V případě těchto obohacených sušenek připadá na jedlý podíl sušenky s 0% přidavkem 4,22 % vlákniny, s 1% přidavkem 4,89 % vlákniny, s 5% přidavkem 6,02 % vlákniny, s 10% přidavkem 7,90 % vlákniny a s 15% přidavkem 8,56 % vlákniny. Konzumací 100 g sušenek s 15% přidavkem prášku z LKZ dospělým jedincem, je jeho denní příjem vlákniny splněn z 29 % [106].

3.2.3 Obsah tuku

Stanovení obsahu tuku bylo provedeno podle postupu uvedeném v kapitole 2.10. Výsledky byly přepočítány na obsah sušiny (Obr. 17).

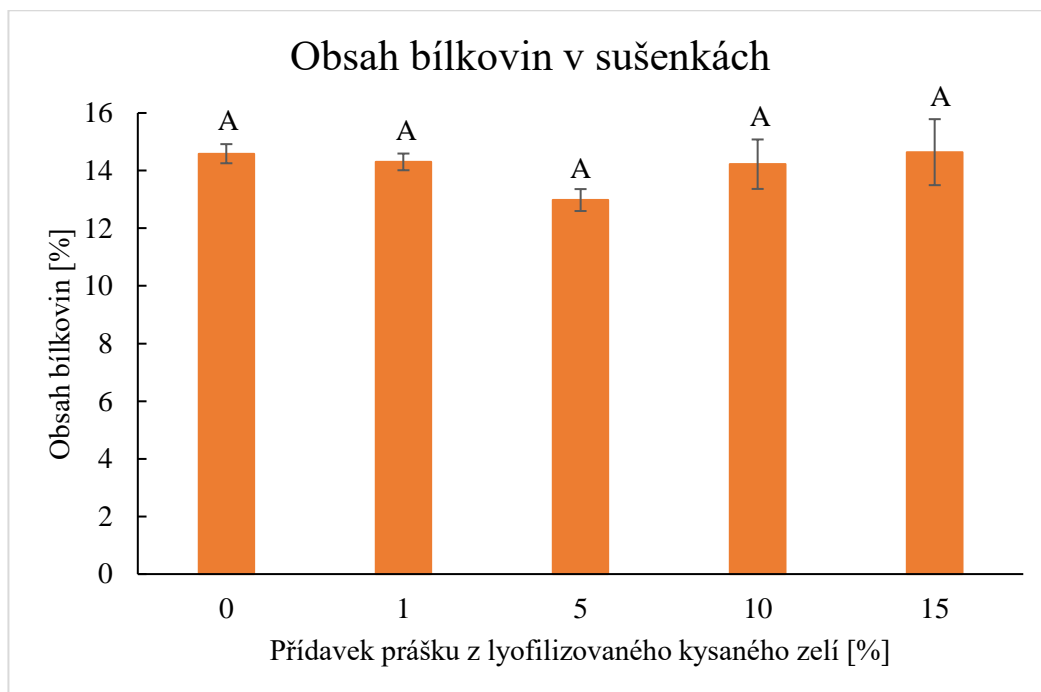


Obrázek 17: Obsah tuku v sušenkách s přidavkem prášku z lyofilizovaného kysaného zelí (průměrná hodnota \pm směrodatná odchylka, $N = 2$); Různá písmena u sloupců grafu označují statisticky významný rozdíl mezi sloupci ($p < 0,05$) stanovený Duncanovým testem.

Na Obrázku 17 je vidět, že přidavek prášku z LKZ má vliv na obsah tuku v sušenkách a přítomný trend je rostoucí. Sušina prášku z LKZ obsahovala $2,93 \pm 0,27$ % tuku, přičemž obsah tuku v sušině sušenek se pohyboval v rozmezí 22,67–24,26 %. Doporučený denní příjem tuku vzhledem k celkovému energetickému příjmu se pohybuje okolo 30 %, což odpovídá průměrně 116 g/den tuku pro dospělé muže a 92 g/den tuku pro dospělé ženy. Jedlý podíl sušenky s 0% přidavkem prášku obsahuje 21,13 % tuku, s 1% přidavkem 21,35 % tuku, s 5% přidavkem 21,72 % tuku, s 10% přidavkem 22,05 % tuku a s 15% přidavkem 22,47 % tuku. Z těchto hodnot vyplývá, že pokud dospělý muž zkonsumuje 100 g sušenek s 15% přidavkem prášku z LKZ, tak splní denní doporučený příjem tuku z 19 % a dospělá žena z 24 % [106].

3.2.4 Obsah bílkovin

Podle postupu uvedeném v kapitole 2.11 byl stanoven obsah bílkovin. Výsledky byly přepočítány na obsah sušiny (Obr. 18).



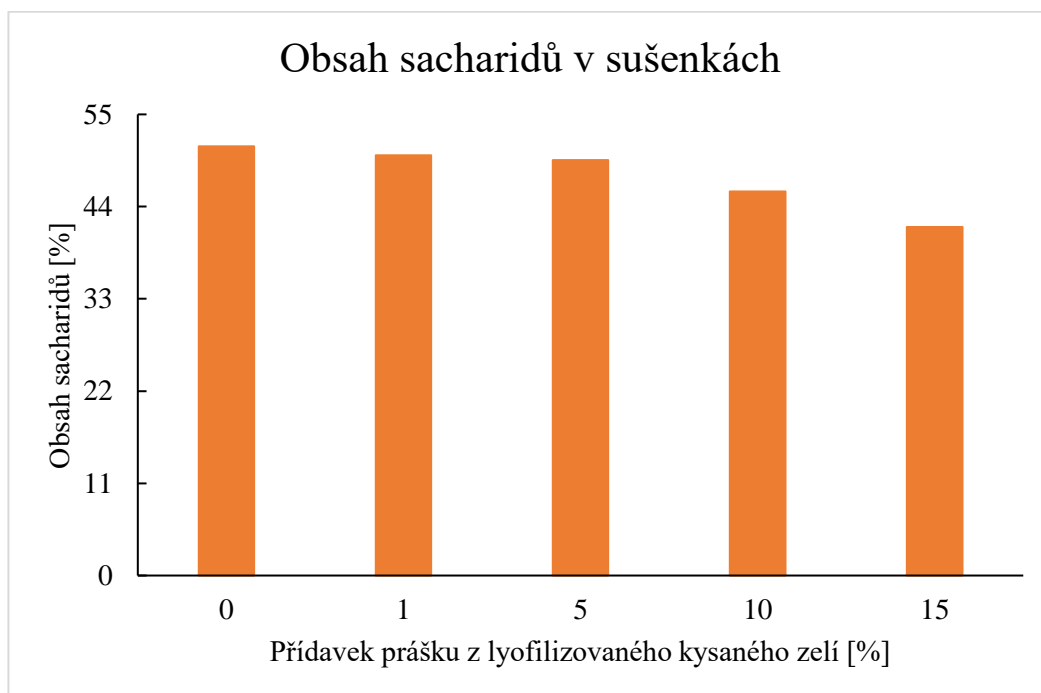
Obrázek 18: Obsah bílkovin v sušenkách s přídavkem prášku z lyofilizovaného kysaného zelí (průměrná hodnota \pm směrodatná odchylka, $N = 2$)

Různá písmena u sloupců grafu označují statisticky významný rozdíl mezi sloupci ($p < 0,05$) stanovený Duncanovým testem.

Z Obrázku 18 je zřejmé, že přídavek prášku z LKZ nemá žádný vliv na obsah bílkovin v sušenkách, z čehož vyplývá, že kysané zelí není významným zdrojem bílkovin. Bílkoviny by měly v lidské stravě představovat přibližně 15 % z denního celkového energetického příjmu. Dospělý muž by měl v potravě přijmout průměrně 58 g/den bílkovin a dospělá žena 46 g/den bílkovin. Kontrolní vzorek sušenky a sušenky s přídavkem prášku z LKZ obsahují průměrně 14,15 % bílkovin v jedlém podílu. Pokud dospělý muž zkonsumuje 100 g těchto sušenek splní denní doporučený příjem bílkovin z 24 % a dospělá žena z 30 % [106].

3.2.5 Obsah sacharidů

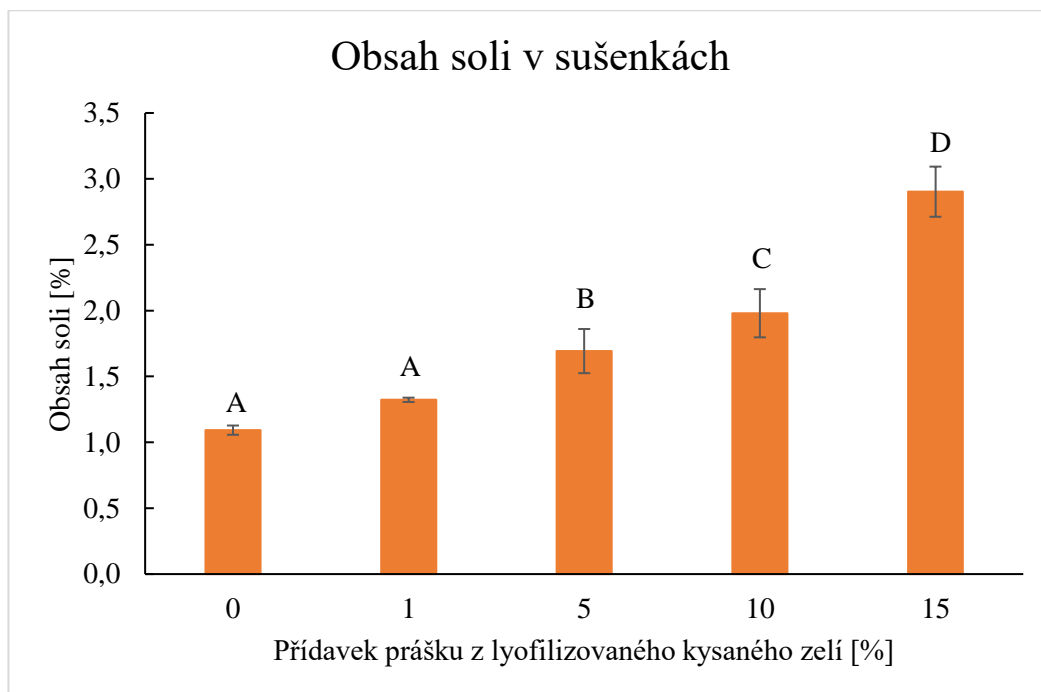
Postup výpočtu obsahu sacharidů je uveden v kapitole 2.12. Jelikož byl obsah sacharidů počítán z průměrných hodnot dalších nutričních složek, byla získána pro každou obohacenou sušenku jen jedna číselná hodnota, tudíž nebylo možné provést statistické vyhodnocení. Výsledky byly přepočítány na obsah sušiny. Výsledné hodnoty jsou uvedeny na Obrázku 19.



Obrázek 19: Obsah sacharidů v sušenkách s přídavkem prášku z lyofilizovaného kysaného zelí
Doporučené zastoupení sacharidů v celkovém denním energetickém příjmu se pohybuje okolo 50–60 %, což s ohledem na tuky a bílkoviny představuje v průměru 213 g/den pro muže a 169 g/den pro ženy. Z výše uvedeného Obrázku 19 je zřejmé, že obsah sacharidů s přídavkem prášku z kysaného LKZ mírně klesá, což je dáno tím, že se vrůstajícím přídavkem prášku stoupá celkový obsah vlákniny a tuku (Obr. 16 a 17). Přepočítáno na jedlý podíl obsahují sušenky s 0% přídavkem 47,70 % sacharidů, s 1% přídavkem 46,65 % sacharidů, s 5% přídavkem 46,04 % sacharidů, s 10% přídavkem 42,48 % sacharidů a s 15% přídavkem 38,52 % sacharidů. Průměrný dospělý muž po konzumaci 100 g sušenek s 15% přídavkem prášku splní denní příjem sacharidů z 18 % a průměrná dospělá žena splní denní příjem z 23 % [106].

3.2.6 Obsah soli

Obsah soli ve vzorkách sušenek byl stanoven podle postupu uvedeném v kapitole 2.13. Výsledky byly přepočítány na obsah sušiny (Obr. 20).



Obrázek 20: Obsah soli v sušenkách s přidavkem prášku z lyofilizovaného kysaného zelí (průměrná hodnota ± směrodatná odchylka, N = 2)

Různá písmena u sloupců grafu označují statisticky významný rozdíl mezi sloupci ($p < 0,05$) stanovený Duncanovým testem.

Na Obrázku 20 jsou patrné rozdíly mezi obohacenými sušenkami, což znamená, že přidavek prášku z LKZ má vliv na obsah soli v sušenkách. Se zvyšujícím se přidavkem se zvyšuje i obsah soli v sušenkách, což ukazuje na rostoucí trend. To je dáno tím, že sůl se z technologických důvodů přidává k zelí před kvašením, za účelem vytvoření solanky, která je důležitá pro zajištění anaerobních podmínek pro kvašení. Sůl také inhibuje růst nežádoucích mikroorganismů a ztužuje pektiny, čímž udržuje zelí křupavé i po kvašení. V článku publikovaném Vianderovou (2003) je uvedeno že kysané zelí obsahuje 0,5–3 % soli v závislosti na výrobci [107]. „Smetanovo kysané zelí ze statku“ podle údajů na etiketě obsahovalo 2 % soli. Doporučený denní příjem soli je pro dospělého člověka stanoven na 5 g. Jedlý podíl sušenky s 0% přidavkem obsahuje 1,02 % soli, s 1% přidavkem obsahuje 1,23 % soli, s 5% přidavkem obsahuje 1,57 % soli, s 10% přidavkem obsahuje 1,84 % soli a s 15% přidavkem obsahuje 2,69 % soli. Po konzumaci 100 g sušenek s 15% přidavkem prášku z LKZ

splní dospělý člověk svůj denní příjem soli z 54 %. Z toho vyplývá, že z pohledu množství soli jsou spíše vyhovující sušenky s nižším přídatkem prášku z LKZ [108].

3.2.7 Antioxidační vlastnosti

Antioxidační vlastnosti byly stanoveny podle postupů uvedených v kapitolách 2.14 a 2.15. Výsledky byly přepočítány na obsah sušiny (Tab. 8).

Při stanovení vitamínu C pomocí HPLC-PDA byla stanovena mez detekce a mez stanovitelnosti, které byly vypočítány jako trojnásobek, respektive desetinásobek hodnoty šumu. Směrodatná odchylka byla vypočítána z pěti naměřených hodnot standardu o nejnižší koncentraci, tedy standardu o koncentraci 0,5 mg/l. Hodnota šumu odpovídala směrodatné odchylce vydělené směrnici kalibrační křivky. Mez detekce činila 0,02472 mg/l a mez stanovitelnosti 0,08241 mg/l.

Z níže uvedené Tabulky 8 je zřejmé, že antioxidační vlastnosti vykazuje i kontrolní vzorek a ve všech případech má srovnatelné hodnoty se sušenkami s 1% přídatkem až na obsah vitamínu C, kde u kontrolního vzorku nebyla zjištěna jeho přítomnost. Z toho vyplývá že i pšeničná mouka obsahuje látky s antioxidační aktivitou. Ve studii publikované Nikolićem (2019) bylo zjištěno, že pšeničná mouka obsahuje 705,6 µg KG/g volných fenolických látek, 6,06 µg KVERC/g flavonoidů. Mezi fenolové kyseliny obsažené v pšeničné mouce patří kyselina gallová, kyselina protokatechová a kyselina chlorogenová, které jsou v mouce zastoupeny v průměru 33 µg/g. Všechny hodnoty byly vztažené na obsah sušiny [109]. Pšenice obecně obsahuje fenolické látky, mezi něž patří deriváty kyseliny benzoové (kyselina p-hydroxybenzoová, protokatechová, vanilová, syringová a gallová) a skořicové (kyselina p-kumarová, kávová a ferulová, která je dominantní fenolovou kyselinou v pšenici). Složení fenolických látek v pšenici úzce souvisí s genotypem pšenice, pěstebním prostředím a stupněm mletí. Podle studie publikované Mazzoncinem (2015) obsahovala pšeničná mouka kyselinu syringovou a dále kyselinu ferulovou, protokatechovou a gallovou, zatímco kyseliny vanilová a p-kumarová byly obsaženy jen v nízké koncentraci [110].

Dále lze říci, že obsah vázaných fenolických látek v sušenkách je vyšší než obsah volných fenolických látek, a v obou případech je přítomný rostoucí trend. Celkový obsah fenolických látek ve volné formě se zvýšil o 153 % při 15% přídatku prášku z LKZ ve srovnání s kontrolním vzorkem a celkový obsah fenolických látek ve vázané formě se zvýšil pouze o 60,5 %. Naopak v případě měření antioxidační aktivity metodou s DPPH nebyl vzhledem k velkým odchylkám zjištěn rozdíl mezi antioxidační kapacitou volných a vázaných fenolických látek v sušenkách.

Trend opět pozorujeme jako rostoucí, přičemž statisticky významné rozdíly jsou spíše patrné u volných fenolických látek. V sušenkách s přidavkem prášku z LKZ bylo možné detekovat jen volné flavonoidy, jelikož obsah vázaných flavonoidů se pohyboval pod mezi detekce metody. Trend je rostoucí a statisticky významné rozdíly jsou patrné u každého přidavku prášku. Jako poslední byl měřen obsah vitamínu C, který byl detekovatelný a kvantifikovatelný již v sušence s 1% přidavkem prášku z LKZ. Statisticky významné rozdíly jsou mezi všemi přidavky a trend je rostoucí. Denní doporučený příjem vitamínu C pro dospělého člověka je 100 mg. 100 g sušenek s 1% přidavkem prášku obsahuje 383 µg vitamínu C, s 5% přidavkem 3,3 mg vitamínu C, s 10% přidavkem 7,0 mg vitamínu C a s 15% přidavkem 11,8 mg vitamínu C. Z těchto hodnot vyplývá, že pokud dospělý člověk zkonsumuje 100 g sušenek s 15% přidavkem prášku z LKZ, tak splní denní doporučený příjem vitamínu C z 11,8 % [106]. Sušenka s 15% přidavkem prášku z LKZ obsahuje nevyšší množství vitamínu C oproti ostatním obohacným sušenkám, ale z pohledu množství soli není pro konzumenty ideální variantou, jelikož konzumací 100 g sušenek s 15% přidavkem splní svůj doporučený denní příjem soli z 54 %.

Tabulka 8: Antioxidační vlastnosti sušenek s přidavkem prášku z lyofilizovaného kysaného zelí (průměrná hodnota ± směrodatná odchylka, N = 4)

Přídavek prášku z kysaného zelí [%]	Celkový obsah fenolických látek		Antioxidační kapacita DPPH		Celkový obsah flavonoidů		Vitamín C
	[μg KG/g]		[μg KAT/g]		[μg Trolox/g]		[μg/g]
	volné	vázané	volné	vázané	volné	vázané	
0	38,3 ± 5,8 ^A	306,7 ± 37,3 ^A	128,7 ± 17,4 ^A	93,1 ± 4,4 ^A	2,5 ± 1,2 ^A	Pod mezi detekce	0 ^A
1	39,4 ± 5,9 ^A	327,9 ± 77,0 ^{AB}	137,5 ± 26,7 ^A	112,9 ± 62,7 ^A	5,2 ± 2,1 ^B		4,09 ± 1,09 ^B
5	59,8 ± 2,9 ^B	341,1 ± 45,2 ^{AB}	248,9 ± 2,8 ^B	170,2 ± 116,3 ^A	15,0 ± 1,3 ^C		35,2 ± 1,31 ^C
10	78,3 ± 2,6 ^C	407,0 ± 73,3 ^{BC}	371,4 ± 11,8 ^C	207,5 ± 97,2 ^B	20,7 ± 1,7 ^D		75,43 ± 3,08 ^D
15	96,9 ± 2,4 ^D	492,3 ± 47,0 ^C	443,4 ± 9,9 ^D	357,6 ± 158,2 ^B	26,2 ± 0,6 ^E		127,35 ± 6,04 ^E

KG je ekvivalent kyseliny gallové a KAT ekvivalent katechinu; Různá písmena u hodnot v horním pravém indexu označují statisticky významný rozdíl ve sloupci ($p < 0,05$) stanovený Duncanovým testem.

3.2.8 Prvková analýza

Prvková analýza sušenek s přidavkem prášku z LKZ byla provedena podle postupu uvedeném v kapitole 2.16.

V níže uvedené Tabulce 9 jsou patrné rozdíly mezi obohacenými sušenkami, což znamená, že přidavek prášku z LKZ má vliv na obsah minerálních látek v sušenkách. U Na, K, P, Ca a Mg jsou statisticky významné rozdíly u všech obohacených sušenek. Se zvyšujícím se přidavkem se zvyšuje i obsah těchto makroelementů v sušenkách, což ukazuje na rostoucí trend. Menší rozdíly jsou patrné i v případě obsahu Fe, Zn, Mn, Cu, Ni, Se a Co. Avšak hodnoty obsahu těchto prvků mezi jednotlivými obohacenými sušenkami nejsou příliš rozdílné. Statisticky významné rozdíly lze pozorovat u sušenek obsahující větší přidavek prášku. V případě selenu má nejvyšší obsah sušenka s 1% přidavkem. Z výživového hlediska by měl dospělý člověk denně přijmout v průměru 550 mg Na, 2000 mg K, 700 mg P, 1000 mg Ca, 310 mg Mg, 10 mg Fe, 10 mg Zn, 3 mg Mn, 1 mg Cu, 25 µg Ni a 50 µg Se. Jelikož je kobalt součástí vitamínu B₁₂ a jen v této formě je esenciální, nelze deficit tohoto vitamínu nahradit příjmem kobaltu, a proto se hodnota pro denní příjem kobaltu neuvádí. Požadované množství pro denní příjem jednotlivých minerálních látek se mírně liší s ohledem na pohlaví a věk jedince. Ve 100 g jedlého podílu sušenek s 15 % přidavkem se nachází 769 mg Na, 324 mg K, 211 mg P, 75 mg Ca, 35 mg Mg, 1 mg Fe, 0,8 mg Zn, 0,7 mg Mn, 0,1 mg Cu, 21 µg Ni, 3 µg Se a 1 µg Co. Pokud dospělý člověk zkonzumuje 100 g sušenek s 15% přidavkem prášku z LKZ splní denní doporučený příjem Na z 140 %, K z 16 %, P z 30 %, Ca z 8 %, Mg z 11 %, Fe z 10 %, Zn z 8 %, Mn z 23 %, Cu z 10 %, Ni z 84 % a Se z 6 %. Z těchto hodnot je zřejmé, že doporučený denní příjem sodíku je o 40 % překročen, což je spojeno s vyšším obsahem soli u sušenek s 15% přidavkem. Zkonzumováním 100 g sušenek s 10% přidavkem je denní příjem sodíku splněn ze 108 % a 100 g sušenek s 5% přidavkem je denní příjem sodíku splněn z 85 %. Z tohoto pohledu je vhodnější konzumace sušenek s nižším přidavkem prášku z LKZ nebo konzumace menšího množství sušenek s vyšším obsahem přídatku prášku za den [106].

Tabulka 9: Obsah minerálních látek v sušenkách s přidavkem prášku z lyofilizovaného kysaného zelí (průměrná hodnota ± směrodatná odchylka, N = 3)

Přídavek prášku z kysaného zelí [%]	Na	K	P	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn	Cu	Ni	Se	Co
	[g/kg]					[mg/kg]					[µg/kg]	
0	4,1 ± 0,1 ^A	1,1 ± 0,0 ^A	2,0 ± 0,0 ^A	0,2 ± 0,0 ^A	0,2 ± 0,0 ^A	12,4 ± 1,4 ^{AB}	7,1 ± 0,1 ^A	7,1 ± 0,1 ^B	1,3 ± 0,0 ^A	0,2 ± 0,1 ^B	41,8 ± 3,9 ^{AB}	5,7 ± 2,5 ^A
1	4,3 ± 0,1 ^A	1,2 ± 0,0 ^B	1,9 ± 0,1 ^A	0,3 ± 0,0 ^A	0,2 ± 0,0 ^A	11,3 ± 1,0 ^B	8,0 ± 0,9 ^{AC}	6,9 ± 0,1 ^A	1,2 ± 0,0 ^A	0,1 ± 0,0 ^A	51,3 ± 8,1 ^B	5,4 ± 2,0 ^A
5	5,0 ± 0,2 ^B	1,9 ± 0,0 ^C	2,0 ± 0,0 ^A	0,5 ± 0,0 ^B	0,3 ± 0,0 ^B	13,2 ± 0,4 ^A	10,6 ± 1,7 ^B	7,2 ± 0,0 ^B	1,4 ± 0,1 ^B	0,1 ± 0,0 ^{AB}	30,1 ± 7,7 ^A	6,5 ± 0,6 ^A
10	6,4 ± 0,3 ^C	2,6 ± 0,0 ^D	2,1 ± 0,0 ^B	0,6 ± 0,0 ^C	0,3 ± 0,0 ^C	14,1 ± 0,5 ^{AC}	9,1 ± 0,5 ^{BC}	7,5 ± 0,1 ^C	1,5 ± 0,0 ^B	0,2 ± 0,0 ^{AB}	37,9 ± 3,6 ^A	7,2 ± 0,5 ^A
15	8,3 ± 0,4 ^D	3,5 ± 0,0 ^E	2,3 ± 0,1 ^C	0,8 ± 0,0 ^D	0,4 ± 0,0 ^D	15,7 ± 1,1 ^C	8,8 ± 0,2 ^{AC}	7,6 ± 0,0 ^C	1,5 ± 0,0 ^B	0,2 ± 0,0 ^B	36,1 ± 5,9 ^A	10,4 ± 1,1 ^B

Různá písmena u hodnot v horním pravém indexu označují statisticky významný rozdíl ve sloupci ($p < 0,05$) stanovený Duncanovým testem.

3.3 Senzorická analýza

Průběh senzorické analýzy je uveden v kapitole 2.17 a výsledky jsou zaznamenány v Tabulce 10. Pro senzorickou analýzu bylo vybráno 31 posuzovatelů (8 mužů a 23 žen ve věkovém rozmezí 18–79 let). Pro každou obohacenou sušenku byla vytvořena 7-bodová hédonická stupnice, přičemž 1 odpovídala hodnocení vynikající, 3 dobrý a 7 nevyhovující.

Tabulka 10: Senzorické hodnocení celkové chuti a konzistence sušenek s přidavkem 1, 5, 10 a 15 % prášku z lyofilizovaného kysaného zelí

	Přídavek prášku z kysaného zelí [%]	Medián	Mezikvartilová odchylka	Modus
Celková chuť	1	3,0	1,5	3,0
	5	3,0	0,5	3,0
	10	3,0	1,0	2,0
	15	4,0	1,3	5,0
Konzistence	1	3,0	0,8	3,0
	5	3,0	1,0	4,0
	10	3,0	0,5	2,0
	15	3,0	1,0	3,0

Z výše uvedené Tabulky 10 je zřejmé, že skoro všechny druhy obohacených sušenek dosáhly stejného bodového hodnocení 3 (dobrý) a to jak v celkové chuti, tak i konzistenci. Sušenka s 15% přidavkem prášku z LKZ dosáhla nejhoršího bodového hodnocení 4 v celkové chuti, přičemž konzistence má stejné hodnocení jako u všech ostatních obohacených sušenek. Horší bodové ohodnocení celkové chuti sušenky s 15% přidavkem prášku z LKZ může být dáno tím, že obsahuje větší množství soli oproti ostatním obohaceným sušenkám (viz kapitola 3.2.6), což už nemusí být pro konzumenta vyhovující. Sušenky s 15% přidavkem LKZ byly dokonce nejčastěji hodnoceny 5 body (modus 5,0), celková chuť tedy byla pro některé konzumenty nevyhovující. Mezi nejlépe hodnocené sušenky, co se týče celkové chuti s ohledem na mezikvartilové odchylky patří sušenky s 5 a 10% přidavkem prášku z LKZ, nejmenší hodnoty modu bylo dosaženo u sušenek s 10 % LKZ (modus 2,0). Při použití mediánu jako střední hodnoty konzistence bylo zjištěno, že všechny vzorky jsou podobné. U vzorků s 5 a 10 % LKZ byly zjištěny menší mezikvartilové odchylky. Zajímavé je hodnocení konzistence s využitím modu, kde sušenky s 10 % LKZ byly častěji hodnoceny 2 body, zatímco nejhorší známku dostaly vzorky sušenek s 5 % LKZ (modus 4,0). Vzhledem k věkovému rozmezí

posuzovatelů obohacených sušenek a jejich výslednému hodnocení lze říci, že v případě uskutečnění výroby těchto sušenek by si každá sušenka našla svého konzumenta.

4 ZÁVĚR

Tato diplomová práce se věnovala obohacení modelového pekařského výrobku práškem z lyofilizovaného kysaného zelí. Modelovým pekařským výrobkem byly sušenky, které byly obohaceny přídatkem 0, 1, 5, 10 a 15 % prášku z LKZ. V práci bylo analyzováno nutriční složení prášku z LKZ i samotných obohacených sušenek. Bylo zjištěno, že původní kysané zelí obsahovalo 2,25 % sacharidů, 3,18 % vlákniny, 0,25 % tuku, 1,4 % bílkovin. Z analýzy antioxidačních vlastností bylo zřejmé, že kysané zelí je bohatým zdrojem antioxidantů včetně vitamínu C.

U všech sušenek byly měřeny fyzikální parametry jako je průměr, výška, aktivita vody a vlhkost. Bylo zjištěno, že průměr sušenek se s přídatkem prášku z LKZ zvyšoval, zatímco výška sušenek se neměnila. Přídatkem prášku z LKZ došlo ke zvýšení hodnot a_w u vzorků sušenek ve srovnání s kontrolním vzorkem a bylo zjištěno, že uvnitř vzorků může být dosaženo kritických hodnot a_w pro růst některých osmofilních plísní. Vlhkost s přídatkem prášku z LKZ mírně rostla, avšak statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými sušenkami potvrzeny nebyly. Z naměřených hodnot parametrů barevnosti bylo zjištěno, že přídatek prášku z LKZ neměl žádný vliv na změnu jasu a všechny vzorky spadaly do světlejší části škály. Na chromatické souřadnice měl přídatek prášku z LKZ vliv zejména u vyšších koncentrací, sušenky byly červenější a žlutější. Sytější barvu vykazovaly sušenky s 10 a 15% přídatkem. Podle barvové odchylky ΔE bylo zřejmé, že mezi kontrolním vzorkem sušenky a sušenkami s 1 a 5% přídatkem byl jasně postřehnutelný rozdíl a mezi kontrolním vzorkem sušenky a sušenkami s 10 a 15% přídatkem byl střední rozdíl. S přídatkem prášku z LKZ rostl v sušenkách obsah vlákniny, tuku, soli, minerálních látek, vitamínu C, volných i vázaných fenolických látek, volných flavonoidů a rostla i antioxidační kapacita, přičemž obsah sacharidů klesal. Na průměrný obsah bílkovin neměl přídatek prášku z LKZ žádný vliv.

Výsledky senzorického hodnocení celkové chuti ukázaly, že sušenka s 15% přídatkem prášku z LKZ není pro některé konzumenty vyhovující, jelikož byla nejčastěji hodnocena 5 body. Ostatní obohacené sušenky byly hodnoceny jako dobré. Konzistence všech sušenek byla posuzovateli hodnocena jako dobrá. Horší bodové ohodnocení celkové chuti sušenky s 15% přídatkem prášku z LKZ může být dáno tím, že obsahuje větší množství soli oproti ostatním obohaceným sušenkám, což už nemusí být pro některé konzumenty vyhovující. Z pohledu doporučeného denního příjmu soli pro dospělého člověka je vhodnější konzumace sušenek s nižším obsahem prášku z LKZ (pod 15 %). Stejný problém se vyskytl i v případě doporučeného denního limitu sodíku pro dospělého člověka, kdy konzumací 100 g sušenek

s 15% přídavkem by byl denní limit o 40 % překročen a konzumací 100 g sušenek s 10% přídavkem překročen o 8 %. Z tohoto pohledu je vhodnější konzumace sušenek s nižším přídavkem prášku z LKZ nebo konzumace menšího množství sušenek s vyšším obsahem přídavku prášku za den. Vzhledem k obsahu soli v sušenkách by bylo nejvhodnější vyrábět sušenky s přídavkem prášku z LKZ do 10 %.

5 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ZHAO, Yanting, Zhichen YUE, Xinming ZHONG, Juanli LEI, Peng TAO a Biyuan LI. Distribution of primary and secondary metabolites among the leaf layers of headed cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*). *Food Chemistry*. 2020, **312**. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2019.126028
- [2] UUH-NARVAEZ, Jonatan a Maira SEGURA-CAMPOS. Cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*): A food with functional properties aimed to type 2 diabetes prevention and management. *Journal of Food Science*. 2021, , 1-24. Dostupné z: doi:10.1111/1750-3841.15939
- [3] GERSZBERG, Aneta. Tissue culture and genetic transformation of cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*): an overview. *Planta*. 2018, **248**(5), 1037-1048. Dostupné z: doi:10.1007/s00425-018-2961-3
- [4] ŠAMEC, Dunja, Iva PAVLOVIC a Branka SALOPEK-SONDI. White cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *alba*): botanical, phytochemical and pharmacological overview. *Phytochemistry Reviews*. 2017, **16**(1), 117-135. Dostupné z: doi:10.1007/s11101-016-9454-4
- [5] Land & Water: Cabbage. *Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO)* [online]. 2007 [cit. 2021-10-28]. Dostupné z: <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/cabbage/en/>
- [6] PERUGINI, Vince. Top 13 Types of Cabbage and Best Cabbage Recipe. *Nutrition You Can Use: Rooted in Science* [online]. [cit. 2021-10-28]. Dostupné z: <https://nutritionyoucanuse.com/types-of-cabbage>
- [7] LEIKE, H. *Biotechnology in Agriculture and Forestry: Cabbage (Brassica oleracea var. capitata L.)*. Berlin: Springer, 1988. ISBN 978-3-642-73520-2.
- [8] FEATHERSTONE, Susan. *A Complete Course in Canning and Related Processes: Processing Procedures for Canned Food Products*. 14th ed. Cambridge (Sawston): Elsevier, 2016, 24 s. ISBN 978-0-85709-687-6.
- [9] Cabbage: how to plant, care and harvest. *Stuff* [online]. 2019 [cit. 2021-10-28]. Dostupné z: <https://www.stuff.co.nz/life-style/homed/garden/111134352/cabbage-how-to-plant-care-and-harvest>
- [10] The actual flowers (inflorescence) of a cabbage. *Reddit* [online]. 2019 [cit. 2021-10-28]. Dostupné z: https://www.reddit.com/r/mildlyinteresting/comments/dtu5tk/the_actual_flowers_inflorescence_of_a_cabbage/

- [11] MABUCHI, Ryota, Mao TANAKA, Chihori NAKANISHI, Nanako TAKATANI a Shota TANIMOTO. Analysis of Primary Metabolites in Cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*) Varieties Correlated with Antioxidant Activity and Taste Attributes by Metabolic Profiling. *Molecules*. 2019, **24**(23), 4282. Dostupné z: doi:10.3390/molecules24234282
- [12] HIGDON, Jane, Barbara DELAGE, David WILLIAMS a Roderick DASHWOOD. Cruciferous vegetables and human cancer risk: epidemiologic evidence and mechanistic basis. *Pharmacological Research*. 2007, **55**(3), 224-236. Dostupné z: doi:10.1016/j.phrs.2007.01.009
- [13] ZABAT, Michelle, William SANO, Jenna WURSTER, Damien CABRAL a Peter BELENKY. Microbial Community Analysis of Sauerkraut Fermentation Reveals a Stable and Rapidly Established Community. *Foods*. 2018, **7**(5), 77. Dostupné z: doi:10.3390/foods7050077
- [14] SATORA, Paweł, Magdalena SKOTNICZNY, Szymon STRNAD a Weronika PIECHOWICZ. Chemical composition and sensory quality of sauerkraut produced from different cabbage varieties. *LWT*. 2021, **136**, 110325. Dostupné z: doi:10.1016/j.lwt.2020.110325
- [15] CISKA, Ewa, Joanna HONKE a Natalia DRABIŃSKA. Changes in glucosinolates and their breakdown products during the fermentation of cabbage and prolonged storage of sauerkraut: Focus on sauerkraut juice. *Food Chemistry*. 2021, **365**, 130498. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2021.130498
- [16] PREMAKUMAR, K., S. SAHANA a M. SABRANA. Effects of Salt Concentration on Storage Ability of Sauerkraut. *International Journal of Research Studies in Agricultural Sciences*. 2021, **7**(2), 11-16. Dostupné z: doi:10.20431/2454-6224.0702002
- [17] THAKUR, P., P. PANJA, J. KABIR a R. DHUA. Studies on shelf life of sauerkraut. *Journal of Crop and Weed*. 2020, **16**(2), 204-209. Dostupné z: doi:10.22271/09746315.2020.v16.i2.1338
- [18] WIANDER, B. a E-L. RYHÄNEN. Laboratory and large-scale fermentation of white cabbage into sauerkraut and sauerkraut juice by using starters in combination with mineral salt with a low NaCl content. *European Food Research and Technology*. 2005, **220**(2), 191-195. Dostupné z: doi:10.1007/s00217-004-1080-5
- [19] WEST, Tam. Sauerkraut. *Eat Well* [online]. [cit. 2021-10-31]. Dostupné z: <https://www.nzherald.co.nz/eatwell/recipes/sauerkraut/NCLYZE7ADBLO3OOZLI3DEU764/>
- [20] BEGANOVIC, Jasna, Blaženka KOS, Andreja LEBOŠ PAVUNC, Ksenija UROIC, Mladen JOKIC a Jagoda ŠUŠKOVIC. Traditionally produced sauerkraut as source of autochthonous functional starter cultures. *Microbiological Research*. 2014, **169**(7-8), 623-632. Dostupné z: doi:10.1016/j.micres.2013.09.015

- [21] MÜLLER, Alexandra, Niels RÖSCH, Gyu-Sung CHO et al. Influence of iodized table salt on fermentation characteristics and bacterial diversity during sauerkraut fermentation. *Food Microbiology*. 2018, **76**, 473-480. Dostupné z: doi:10.1016/j.fm.2018.07.009
- [22] JANSONE, Liene a Solvita KAMPUSE. Comparison of chemical composition of fresh and fermented cabbage juice. *Food Balt*. 2019, , 160-164. Dostupné z: doi:10.22616/FoodBalt.2019.028
- [23] Eat sauerkraut today!. *Surface your real self* [online]. 2020 [cit. 2021-10-31]. Dostupné z: <https://surfaceyourrealself.com/2020/07/18/eat-sauerkraut-today/>
- [24] LENGVIDHYA, Vethachai, Fredrick BREIDT, Zhongjing LU a Henry FLEMING. DNA Fingerprinting of Lactic Acid Bacteria in Sauerkraut Fermentations. *Applied and Environmental Microbiology*. 2007, **73**(23), 7697-7702. Dostupné z: doi:10.1128/AEM.01342-07
- [25] FoodData Central: Cabbage, raw. *U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE: Agricultural Research Service* [online]. 2019 [cit. 2021-10-31]. Dostupné z: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/169975/nutrients>
- [26] FoodData Central: Sauerkraut, canned, solids and liquids. *U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE: Agricultural Research Service* [online]. 2019 [cit. 2021-10-31]. Dostupné z: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/169279/nutrients>
- [27] PIYARACH, Kullamethee, Kamnerd NIPAWAN, Chumphukhaw CHADAPON et al. Effect of Drying on β -Carotene, α Carotene, Lutein and Zeaxanthin Content in Vegetables and Its Application for Vegetable Seasoning. *E3S Web of Conferences*. 2020, **141**, 1-6. Dostupné z: doi:10.1051/e3sconf/202014102007
- [28] LANGOVÁ, Radka, Miroslav JÚZL, Olga CWIKOVÁ a Ivica KOS. Effect of Different Method of Drying of Five Varieties Grapes (*Vitis vinifera* L.) on the Bunch Stem on Physicochemical, Microbiological, and Sensory Quality. *Foods*. 2020, **9**(9), 1183. Dostupné z: doi:10.3390/foods9091183
- [29] GOSCINNA, Katarzyna, Jarosław POBEREZNY, Elżbieta WSZELACZYNSKA, Wiesław SZULC a Beata RUTKOWSKA. Effects of drying and extraction methods on bioactive properties of plums. *Food Control*. 2021, **122**. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodcont.2020.107771
- [30] GONCALVES, Otilia, Marco ALVES, Joana GRÁCIO a Valentim NUNES. A comparative study of raspberry dehydration by lyophilisation or conventional drying. *INTERNATIONAL ADVANCED RESEARCHES and ENGINEERING JOURNAL*. 2018, **2**(3), 267-272.

- [31] JURINJAK TUŠEK, Ana, Maja BENKOVIC, Elena MALEŠIĆ, Lucija MARIC, Tamara JURINA, Jasenka GAJDOŠ KLJUSURIC a Davor VALINGER. Rapid quantification of dissolved solids and bioactives in dried root vegetable extracts using near infrared spectroscopy. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. 2021, **261**, 120074. Dostupné z: doi:10.1016/j.saa.2021.120074
- [32] PROSAPIO, Valentina a Estefania LOPEZ-QUIROGA. Freeze-Drying Technology in Foods. *Foods*. 2020, **9**(7), 920. Dostupné z: doi:10.3390/foods9070920
- [33] BHATTA, Sagar, Tatjana STEVANOVIĆ JANEŽIĆ a Cristina RATTI. Freeze-Drying of Plant-Based Foods. *Foods*. 2020, **9**(1), 87. Dostupné z: doi:10.3390/foods9010087
- [34] KAWASAKI, Hidenori, Toshinori SHIMANOUCI a Yukitaka KIMURA. Recent Development of Optimization of Lyophilization Process. *Journal of Chemistry*. 2019, **2019**, 1-14. Dostupné z: doi:10.1155/2019/9502856
- [35] KUMAR, Pramod. LYOPHILIZATION: AN IMPORTANT FORMULATION TECHNIQUE. *International Journal of Research -GRANTHAALAYAH*. 2019, **7**(9), 11-15. ISSN 2350-0530. Dostupné z: doi:10.29121/granthaalayah.v7.i9.2019.552
- [36] ČÍDLOVÁ, Hana, Zuzana MOKRÁ a Barbora VALOVÁ. Skupenské stavy látek. *Obecná chemie* [online]. Masarykova univerzita, Brno, 2018 [cit. 2021-11-07]. Dostupné z: https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pdf/js18/obecna_chemie/web/pages/20-skupenske-stavy-latek.html
- [37] MARIC, Lucija, Elena MALEŠIĆ, Ana JURINJAK TUŠEK, Maja BENKOVIC, Davor VALINGER, Tamara JURINA a Jasenka GAJDOŠ KLJUSURIC. Effects of drying on physical and chemical properties of root vegetables: Artificial neural network modelling. *Food and Bioproducts Processing*. 2020, **119**, 148-160. Dostupné z: doi:10.1016/j.fbp.2019.11.002
- [38] RAJKUMAR, Gomathi, Saravanan SHANMUGAM, Mercia GALVAO, Rafael DUTRA SANDES, Maria LEITE NETA, Narendra NARAIN a Arun MUJUMDAR. Comparative evaluation of physical properties and volatiles profile of cabbages subjected to hot air and freeze drying. *LWT*. 2017, **80**, 501-509. Dostupné z: doi:10.1016/j.lwt.2017.03.020
- [39] MASHITOA, Florence, Tinotenda SHOKO, Jerry SHAI, Retha SLABBERT, Yasmina SULTANBAWA a Dharini SIVAKUMAR. Influence of Different Types of Drying Methods on Color Properties, Phenolic Metabolites and Bioactivities of Pumpkin Leaves of var. Butternut squash (*Cucurbita moschata* Duchesne ex Poir). *Frontiers in Nutrition*. 2021, **8**. Dostupné z: doi:10.3389/fnut.2021.694649
- [40] MELINI, Valentina, Francesca MELINI, Francesca LUZIATELLI a Maurizio RUZZI. Functional Ingredients from Agri-Food Waste: Effect of Inclusion Thereof on Phenolic Compound Content and Bioaccessibility in Bakery Products. *Antioxidants*. 2020, **9**(12), 1216. Dostupné z: doi:10.3390/antiox9121216

- [41] AGRAHAR-MURUGKAR, Dipika. Food to food fortification of breads and biscuits with herbs, spices, millets and oilseeds on bio-accessibility of calcium, iron and zinc and impact of proteins, fat and phenolics. *LWT*. 2020, **130**. Dostupné z: doi:10.1016/j.lwt.2020.109703
- [42] TOLVE, Roberta, Barbara SIMONATO, Giada RAINERO, Federico BIANCHI, Corrado RIZZI, Mariasole CERVINI a Gianluca GIUBERTI. Wheat Bread Fortification by Grape Pomace Powder: Nutritional, Technological, Antioxidant, and Sensory Properties. *Foods*. 2021, **10**(1), 75. Dostupné z: doi:10.3390/foods10010075
- [43] BOLARINWA, Islamiyat, Tawakalitu ARUNA a Akeem RAJI. Nutritive value and acceptability of bread fortified with moringa seed powder. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 2019, **18**(2), 195-200. Dostupné z: doi:10.1016/j.jssas.2017.05.002
- [44] Moringa oleifera fenomén mezi plodinami. *Moje zdraví* [online]. 2016 [cit. 2021-11-20]. Dostupné z: <https://www.mojezdravi.cz/prirodni-medicina/moringa-oleifera-fenomen-mezi-plodinami-342.html>
- [45] BOUKID, Fatma, Emanuele ZANNINI, Eleonora CARINI a Elena VITTADINI. Pulses for bread fortification: A necessity or a choice?. *Trends in Food Science & Technology*. 2019, **88**, 416-428. Dostupné z: doi:10.1016/j.tifs.2019.04.007
- [46] SPINA, Alfio, Selina BRIGHINA, Serena MUCCILLI, Agata MAZZAGLIA, Simona FABRONI, Biagio FALLICO, Paolo RAPISARDA a Elena ARENA. Wholegrain Durum Wheat Bread Fortified With Citrus Fibers: Evaluation of Quality Parameters During Long Storage. *Frontiers in Nutrition*. 2019, **6**(13). Dostupné z: doi:10.3389/fnut.2019.00013
- [47] LACQUANITI, Giuseppe. Dal “pastazzo” di arancia si ottiene metano. *Gazzetta del Sud* [online]. 2018 [cit. 2021-11-20]. Dostupné z: <https://reggio.gazzettadelsud.it/articoli/archivio/2018/02/11/dal-pastazzo-di-arancia-si-ottiene-metano-d5b04ea2-6aaf-46a2-9fe0-1fe05307e0e0/>
- [48] RATHORE, Himanshi, Sneha SEHWAG, Shalinee PRASAD a Satyawati SHARMA. Technological, nutritional, functional and sensorial attributes of the cookies fortified with *Calocybe indica* mushroom. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2019, **13**(2), 976-987. Dostupné z: doi:10.1007/s11694-018-0012-1
- [49] Growing the Giant Milky – *Calocybe indica*: Growing *Calocybe indica*, the Giant Milky. *Mushroom Mountain* [online]. 2020 [cit. 2021-11-20]. Dostupné z: <https://mushroommountain.com/growingcalocybeindica/>
- [50] DESAI, Nivas M., Bubly MALLIK, Suresh D. SAKHARE a Pushpa S. MURTHY. Prebiotic oligosaccharide enriched green coffee spent cookies and their nutritional, physicochemical and sensory properties. *LWT*. 2020, **134**. Dostupné z: doi:10.1016/j.lwt.2020.109924

- [51] GRASSO, Simona, Shuyi LIU a Lisa METHVEN. Quality of muffins enriched with upcycled defatted sunflower seed flour. *LWT*. 2020, **119**. Dostupné z: doi:10.1016/j.lwt.2019.108893
- [52] HEO, Yena, Min-Joo KIM, Jo-Won LEE a BoKyung MOON. Muffins enriched with dietary fiber from kimchi by-product: Baking properties, physical–chemical properties, and consumer acceptance. *Food Science & Nutrition*. 2019, **7**(5), 1778-1785. Dostupné z: doi:10.1002/fsn3.1020
- [53] What is water activity?. *Scientific gear* [online]. 2016 [cit. 2021-11-27]. Dostupné z: <https://www.scientificgear.com/blog/what-is-water-activity>
- [54] Water Activity Measurement Methods. *European Medical* [online]. 2021 [cit. 2021-11-27]. Dostupné z: <https://www.europeanmedical.info/dielectric-properties/water-activity-measurement-methods.html>
- [55] MATHLOUTHI, Mohamed. Water content, water activity, water structure and the stability of foodstuffs. *Food Control*. 2001, **12**(7), 409-417. Dostupné z: doi:10.1016/S0956-7135(01)00032-9
- [56] MAUER, Lisa J. a Robert L. BRADLEY. Moisture and Total Solids Analysis. *Food Analysis*. Cham: Springer International Publishing, 2017, , 257-286. Food Science Text Series. ISBN 978-3-319-45774-1. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-319-45776-5_15
- [57] ČSN 56 0116-3. *Metody zkoušení pekařských výrobků: Stanovení obsahu vody*. Praha: Český normalizační institut. 1995, 8 s. 56 0116-3.
- [58] How do you measure colour?. *British Coatings Federation* [online]. [cit. 2022-04-01]. Dostupné z: <https://www.coatings.org.uk/faq/how-do-you-measure-colour-122.aspx>
- [59] PANÁK, Ondřej. *Měření barevnosti*. Univerzita Pardubice.
- [60] DRAČKOVÁ, Eliška. *Studium změn v barvě masa jatečných zvířat v závislosti na vlivu zvolených faktorů*. Brno, 2014. Disertační práce. Mendelova univerzita v Brně. Agronomická fakulta. Vedoucí disertační práce prof. Ing. Jan Šubrt, CSc.
- [61] ZMEŠKAL, Oldřich, Michal ČEPPAN a Petr DZIK. *Barevné prostory a správa barev*. Brno, 2002.
- [62] The Nutrition Source: Carbohydrates. *Harvard T.H. Chan: School of public health* [online]. [cit. 2021-11-27]. Dostupné z: <https://www.hsph.harvard.edu/nutritionsource/carbohydrates/>
- [63] HÁLKOVÁ, Jana, Marie RUMÍŠKOVÁ a Jana RIEGLOVÁ. *Analýza potravin*. 1. vydání. Újezd u Brna: RNDr. Ivan Straka, 2000. ISBN 80-902775-3-5.
- [64] ČSN 56 0116-7. *Metody zkoušení pekařských výrobků: Stanovení obsahu cukrů podle Schoorla*. Praha: Český normalizační institut. 1995, 8 s. 56 0116-7.

- [65] MERMELSTEIN, Neil H. Analyzing for Dietary Fiber. *Institute of Food Technologists* [online]. Chicago, 2011 [cit. 2021-11-27]. Dostupné z: <https://www.ift.org/news-and-publications/food-technology-magazine/issues/2011/july/columns/food-safety-and-quality>
- [66] ELLEUCH, Mohamed, Dorothea BEDIGIAN, Olivier ROISEUX, Souhail BESBES, Christophe BLECKER a Hamadi ATTIA. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications. *Food Chemistry*. 2011, **124**(2), 411-421. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2010.06.077
- [67] MONTESANO, Domenico, Stefania ALBRIZIO, Luigi LUCINI, Francisco J. BARBA a Monica GALLO. Lipids and Food Quality. *Journal of Food Quality*. 2018, **2018**, 1-2. Dostupné z: doi:10.1155/2018/4046381
- [68] ČSN 56 0116-6. *Metody zkoušení pekařských výrobků: Stanovení obsahu tuku*. Praha: Český normalizační institut. 1995. 56 0116-6.
- [69] MAHRE, Hanne, Lars DALHEIM, Guro EDVINSEN, Edel ELVEVOLL a Ida-Johanne JENSEN. Protein Determination—Method Matters. *Foods*. 2018, **7**(1). Dostupné z: doi:10.3390/foods7010005
- [70] Bílkoviny. *E-Chembook.eu: Multimediální učebnice chemie pro gymnázia* [online]. [cit. 2021-11-27]. Dostupné z: <http://e-chembook.eu/bilkoviny>
- [71] ČSN 56 0116-9. *Metody zkoušení pekařských výrobků: Stanovení obsahu bílkovin*. Praha: Český normalizační institut. 1995. 56 0116-9.
- [72] ELIAS, Miguel, Marta LARANJO, Ana CRISTINA AGULHEIRO-SANTOS a Maria EDUARDA POTES. The Role of Salt on Food and Human Health. *Salt in the Earth*. IntechOpen, 2019. ISBN 978-1-78984-634-8. Dostupné z: doi:10.5772/intechopen.86905
- [73] ČSN 56 0116-5. *Metody zkoušení pekařských výrobků: Stanovení chloridu sodného*. Praha: Český normalizační institut. 1995. 56 0116-5.
- [74] KŘÍŽEK, Martin a Jan ŠÍMA. *Analytická chemie*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2015. ISBN 978-80-7394-486-5.
- [75] *Analýza potravin: Průvodce měřením obsahu soli*. Praha: Mettler-Toledo, s. r. o., 2015. Dostupné také z: https://www.mt.com/dam/MT-CZ/Brochures/LAB/Salt_Guide_CZ_male.pdf
- [76] GULCIN, İlhami. Antioxidants and antioxidant methods: an updated overview. *Archives of Toxicology*. 2020, **94**, 651-715. Dostupné z: doi:10.1007/s00204-020-02689-3

- [77] SHAHIDI, Fereidoon a Ying ZHONG. Measurement of antioxidant activity. *Journal of Functional Foods*. 2015, **18**, 757-781. Dostupné z: doi:10.1016/j.jff.2015.01.047
- [78] ROLEIRA, Fernanda M.F., Elisiário J. TAVARES-DA-SILVA, Carla L. VARELA, Saul C. COSTA, Tiago SILVA, Jorge GARRIDO a Fernanda BORGES. Plant derived and dietary phenolic antioxidants: Anticancer properties. *Food Chemistry*. 2015, **183**, 235-258. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2015.03.039
- [79] STRATIL, P., B. KLEJDUS a V. KUBÁŇ. Determination of phenolic compounds and their antioxidant activity in fruits and cereals. *Talanta*. 2007, **71**(4), 1741-1751. Dostupné z: doi:10.1016/j.talanta.2006.08.012
- [80] STRATIL, Pavel, Vlastimil KUBÁŇ a Jitka FOJTOVÁ. Comparison of the Phenolic Content and Total Antioxidant Activity in Wines as Determined by Spectrophotometric Methods. *Czech Journal of Food Sciences*. 2008, **26**(4), 242–253.
- [81] KOPRIVICA, Marija R., Jelena Đ. TRIFKOVIC, Aleksandra M. DRAMICANIN, Uroš M. GAŠIC, Milica M. Fotirić AKŠIC a Dušanka M. MILOJKOVIC-OPSENICA. Determination of the phenolic profile of peach (*Prunus persica* L.) kernels using UHPLC–LTQ OrbiTrap MS/MS technique. *European Food Research and Technology*. 2018, **244**(11), 2051-2064. Dostupné z: doi:10.1007/s00217-018-3116-2
- [82] KHODDAMI, Ali, Meredith WILKES a Thomas ROBERTS. Techniques for Analysis of Plant Phenolic Compounds. *Molecules*. 2013, **18**(2), 2328-2375. Dostupné z: doi:10.3390/molecules18022328
- [83] HAPSARI, Bety W., MANIKHARDA a Widiastuti SETYANINGSIH. Methodologies in the Analysis of Phenolic Compounds in Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.): Composition, Biological Activity, and Beneficial Effects on Human Health. *Horticulturae*. 2021, **7**(2). Dostupné z: doi:10.3390/horticulturae7020035
- [84] SAWANT, Laxman, Bala PRABHAKAR a Nancy PANDITA. Quantitative HPLC Analysis of Ascorbic Acid and Gallic Acid in *Phyllanthus Emblica*. *Journal of Analytical & Bioanalytical Techniques*. 2010, **1**(3). Dostupné z: doi:10.4172/2155-9872.1000111
- [85] PATHY, Krishnasarma. Process for Preparation of Vitamin C and Method for Determination of Vitamin C in Tablets. *Surgery & Case Studies: Open Access Journal*. 2018, **1**(3). Dostupné z: doi:10.32474/SCSOAJ.2018.01.000114
- [86] SPÍNOLA, Vítor, Eulogio J. LLORENT-MARTÍNEZ a Paula C. CASTILHO. Determination of vitamin C in foods: Current state of method validation. *Journal of Chromatography A*. 2014, **1369**, 2-17. Dostupné z: doi:10.1016/j.chroma.2014.09.087
- [87] ČSN ISO 6557/2. *Ovoce, zelenina a výrobky z nich - Stanovení obsahu kyseliny askorbové: Běžné metody*. Praha: Český normalizační institut. 1995, 8 s. 56 0296.

- [88] SILVA, Mafalda Alexandra, Tânia Gonçalves ALBUQUERQUE, M. Beatriz P.P. OLIVEIRA a Helena S. COSTA. Vitamin C evaluation in foods for infants and young children by a rapid and accurate analytical method. *Food Chemistry*. 2018, **267**, 83-90. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2017.11.046
- [89] FERREIRA, Sergio L.C., Marcos A. BEZERRA, Adilson S. SANTOS, Walter N.L. DOS SANTOS, Cleber G. NOVAES, Olivia M.C. DE OLIVEIRA, Michael L. OLIVEIRA a Rui L. GARCIA. Atomic absorption spectrometry – A multi element technique. *Trends in Analytical Chemistry*. 2018, **100**, 1-6. ISSN 01659936. Dostupné z: doi:10.1016/j.trac.2017.12.012
- [90] HILL, Steve J. a Andy S. FISHER. *Encyclopedia of Spectroscopy and Spectrometry: Atomic Absorption, Methods and Instrumentation*. 3rd. Academic Press, 2017. ISBN 9780128032244. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-803224-4.00099-6
- [91] AL-HAKKANI, Mostafa F. Guideline of inductively coupled plasma mass spectrometry “ICP–MS”: fundamentals, practices, determination of the limits, quality control, and method validation parameters. *SN Applied Sciences*. 2019, **1**(7). Dostupné z: doi:10.1007/s42452-019-0825-5
- [92] BULSKA, Ewa a Barbara WAGNER. Quantitative aspects of inductively coupled plasma mass spectrometry. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. 2016, **374**(2079). Dostupné z: doi:10.1098/rsta.2015.0369
- [93] KINCLOVÁ, V., A. JAROŠOVÁ a B. TREMLOVÁ. Senzorická analýza potravin. *Veterinářství*. 2004, **54**(6), 362–364.
- [94] ČSN EN ISO 8586. *Senzorická analýza – Obecná směrnice pro výběr, výcvik a sledování činnosti vybraných posuzovatelů a odborných senzorických posuzovatelů*. Praha: Český normalizační institut. 2015, 32 s. 56 0037.
- [95] ČSN ISO 8589. *Senzorická analýza – Obecné pokyny pro uspořádání senzorického pracoviště*. Praha: Český normalizační institut. 2008, 20 s. 56 0036.
- [96] HORWITZ, William a George W. LATIMER. *Official methods of analysis of AOAC International: AOAC Official Method 985.29: Total Dietary Fiber in Foods*. 18th ed., rev. 2. Gaithersburg: AOAC International, 2005. ISBN 0-935584-78-1.
- [97] HORWITZ, William a George W. LATIMER. *Official methods of analysis of AOAC International: AOAC Official Method 960.29*. 18th ed., rev. 2. Gaithersburg: AOAC International, 2005. ISBN 0-935584-78-1.
- [98] KOTÁSKOVÁ, Eva, Daniela SUMCZYNSKI, Jiří MLČEK a Pavel VALÁŠEK. Determination of free and bound phenolics using HPLC-DAD, antioxidant activity and in vitro digestibility of Eragrostis tef. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2016, **46**, 15-21. Dostupné z: doi:10.1016/j.jfca.2015.11.001

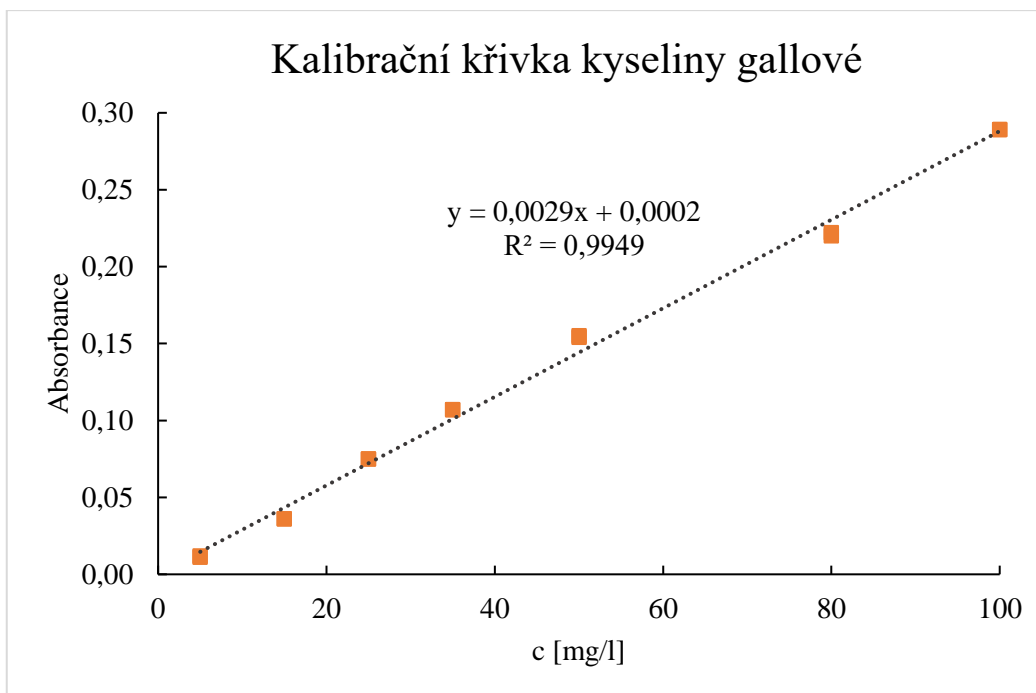
- [99] JELÍNKOVÁ, K. *Vliv přísadků karobového prášku na antioxidační vlastnosti muffinů*. Pardubice, 2018. Diplomová práce. Univerzita Pardubice. Fakulta chemicko-technologická. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Libor Červenka, Ph.D.
- [100] KUDRNÁČOVÁ, M. *Vliv přísadku pokrutin z bobulí révy vinné na antioxidační vlastnosti taveného sýra*. Pardubice, 2018. Diplomová práce. Univerzita Pardubice. Fakulta chemicko-technologická. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Libor Červenka, Ph.D.
- [101] PEKAL, A. a K. PYRZYNSKA. Evaluation of Aluminium Complexation Reaction for Flavonoid Content Assay. *Food Analytical Methods*. 2014, **7**(9), 1776-1782. Dostupné z: doi:10.1007/s12161-014-9814-x
- [102] VARRA, Maria Olga, Lenka HUSÁKOVÁ, Jan PATOČKA, Sergio GHIDINI a Emanuela ZANARDI. Multi-element signature of cuttlefish and its potential for the discrimination of different geographical provenances and traceability. *Food Chemistry*. 2021, **356**. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2021.129687
- [103] WHELAN, Kevin a Nicola JONES. Fermented foods: Availability, cost, ingredients, nutritional content and on-pack claims. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*. 2022, **35**(2), 396-405. Dostupné z: doi:10.1111/jhn.12905
- [104] KUSZNIEREWICZ, Barbara, Anna ŚMIECHOWSKA, Agnieszka BARTOSZEK a Jacek NAMIEŚNIK. The effect of heating and fermenting on antioxidant properties of white cabbage. *Food Chemistry*. 2008, **108**(3), 853-861. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2007.11.049
- [105] Aktivita vody. *Bezpečnost potravin* [online]. [cit. 2022-04-06]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/76457.aspx>
- [106] *Referenční hodnoty pro příjem živin*. V ČR 1. vyd. Praha: Společnost pro výživu, 2011. ISBN 978-80-254-6987-3.
- [107] VIANDER, Britta, Maarit MÄKI a Airi PALVA. Impact of low salt concentration, salt quality on natural large-scale sauerkraut fermentation. *Food Microbiology*. 2003, **20**(4), 391-395. Dostupné z: doi:10.1016/S0740-0020(02)00150-8
- [108] Nadměrná spotřeba soli přispívá k závažným onemocněním. *Ministerstvo zdravotnictví České republiky* [online]. 2013 [cit. 2022-04-07]. Dostupné z: <https://www.mzcr.cz/tiskove-centrum-mz/nadmerna-spotreba-soli-prispiva-k-zavaznym-onemocnenim/>
- [109] NIKOLIC, N., J. MITROVIC, I. KARABEGOVIC, S. SAVIC, S. PETROVIC, M. LAZIC a G. STOJANOVIC. A comparison between wheat and different kinds of corn flour based on minerals, free phenolic acid composition and antioxidant activity. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*. 2019, **11**(4), 341-349. Dostupné z: doi:10.3920/QAS2018.1411

- [110] MAZZONCINI, Marco, Daniele ANTICHI, Nicola SILVESTRI, Giulia CIANTELLI a Cristina SGHERRI. Organically vs conventionally grown winter wheat: Effects on grain yield, technological quality, and on phenolic composition and antioxidant properties of bran and refined flour. *Food Chemistry*. 2015, **175**, 445-451. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2014.11.138

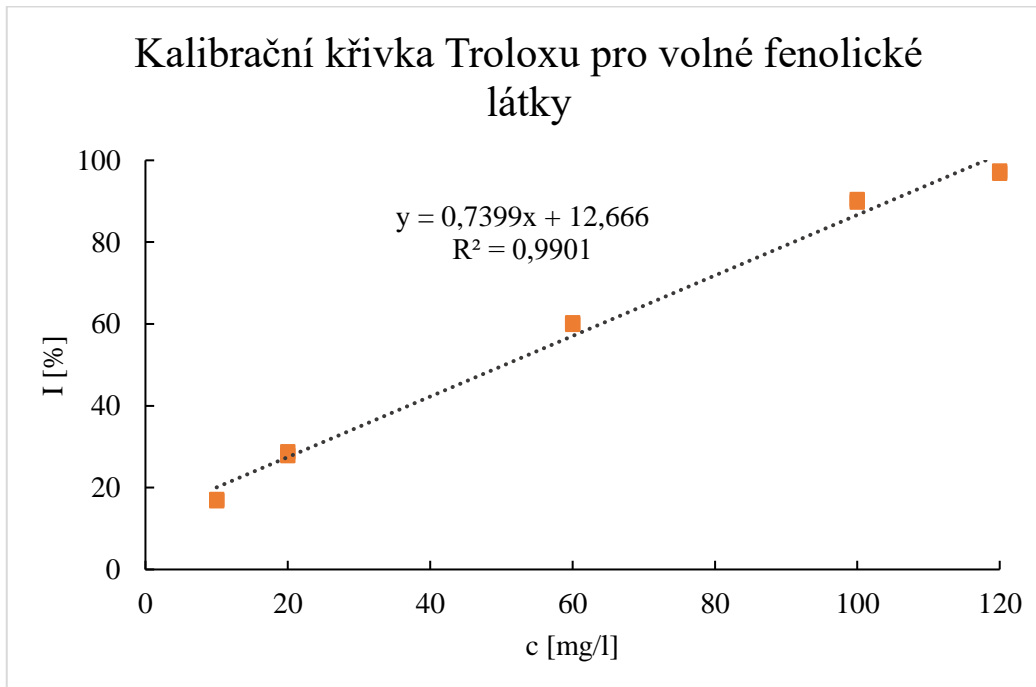
6 PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

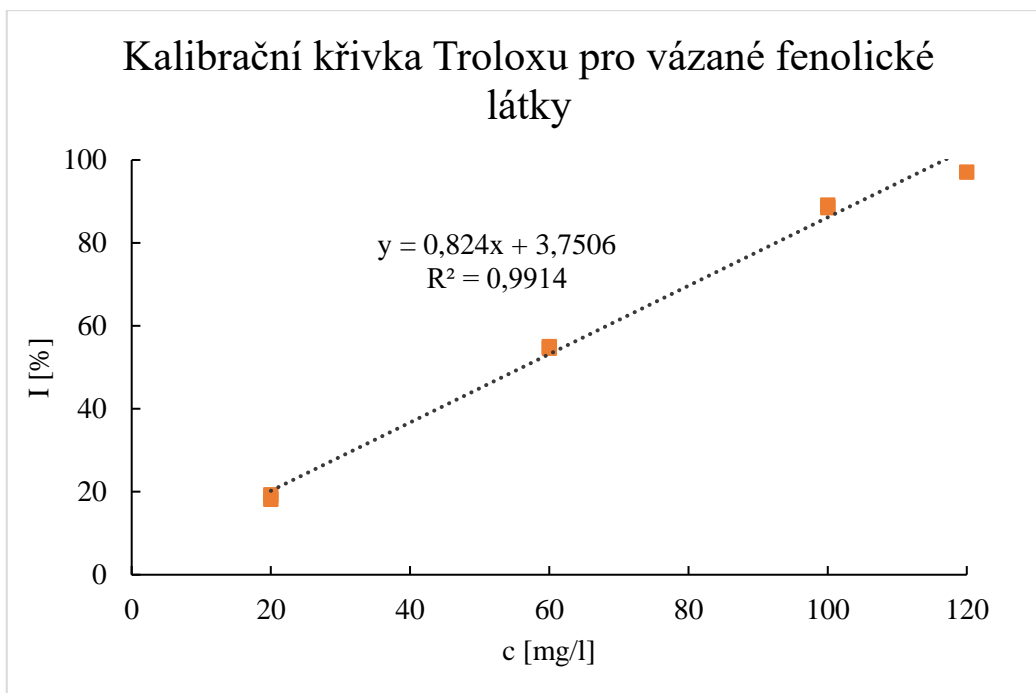
Příloha 1: Kalibrační křivka kyseliny gallové pro stanovení obsahu celkových volných a vázaných fenolických látek ($\lambda = 765$ nm)	91
Příloha 2: Kalibrační křivka Troloxu pro stanovení antioxidační aktivity volných fenolických látek metodou s DPPH ($\lambda = 517$ nm)	91
Příloha 3: Kalibrační křivka Troloxu pro stanovení antioxidační aktivity vázaných fenolických látek metodou s DPPH ($\lambda = 517$ nm).....	92
Příloha 4: Kalibrační křivka katechinu pro stanovení obsahu volných flavonoidů ($\lambda = 510$ nm)	92
Příloha 5: Kalibrační křivka kyseliny askorbové pro stanovení obsahu vitamínu C ($\lambda = 244$ nm).....	93
Příloha 6: Sušenky s přidavkem prášku z lyofilizovaného kysaného zelí (0, 1, 5, 10 a 15 %) 94	
Příloha 7: Dotazník pro sensorické hodnocení sušenek s 1, 5, 10 a 15% přidavkem prášku z lyofilizovaného kysaného zelí	95



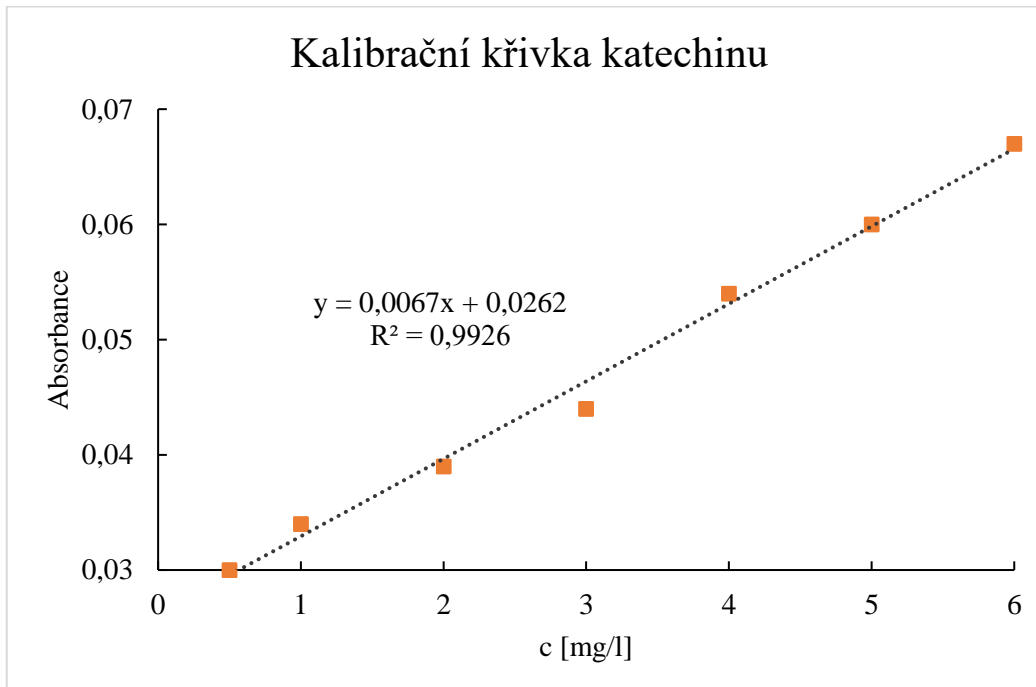
Příloha 1: Kalibrační křivka kyseliny gallové pro stanovení obsahu celkových volných a vázaných fenolických látek ($\lambda = 765 \text{ nm}$)



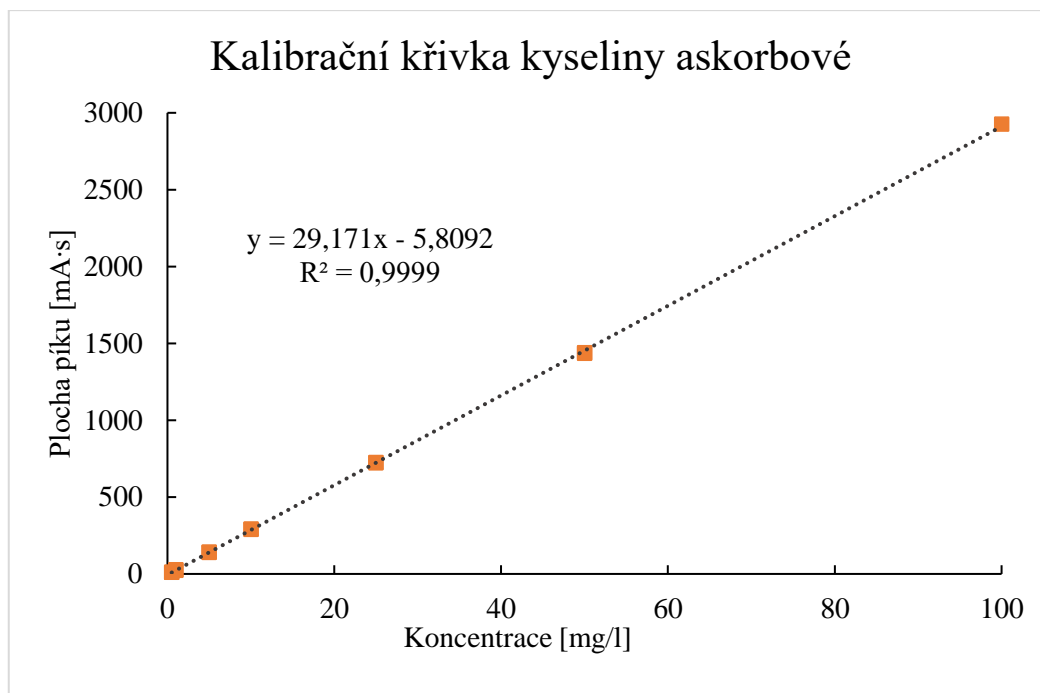
Příloha 2: Kalibrační křivka Troloxu pro stanovení antioxidační aktivity volných fenolických látek metodou s DPPH ($\lambda = 517 \text{ nm}$)



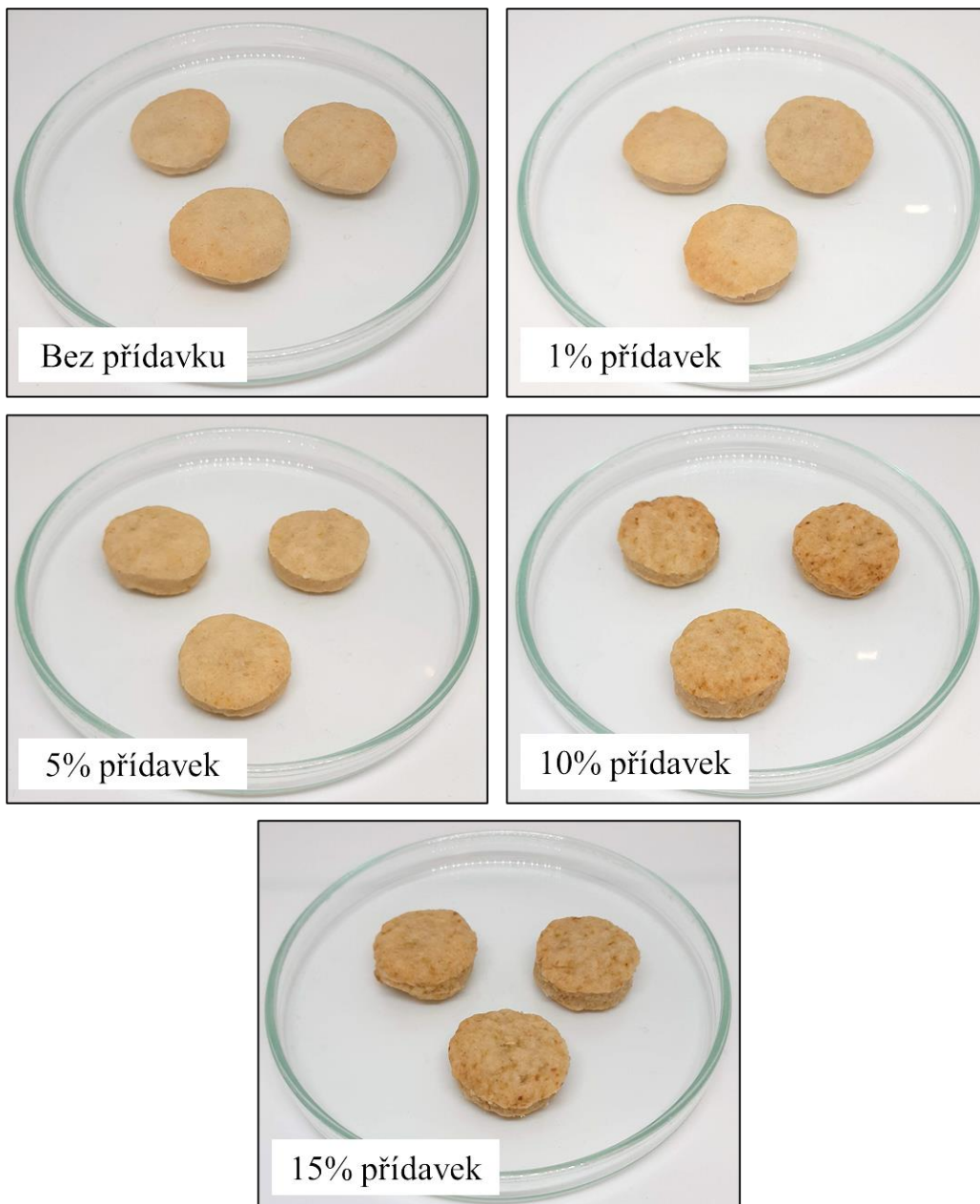
Příloha 3: Kalibrační křivka Troloxu pro stanovení antioxidační aktivity vázaných fenolických látek metodou s DPPH ($\lambda = 517 \text{ nm}$)



Příloha 4: Kalibrační křivka katechinu pro stanovení obsahu volných flavonoidů ($\lambda = 510 \text{ nm}$)



Příloha 5: Kalibrační křivka kyseliny askorbové pro stanovení obsahu vitamínu C ($\lambda = 244 \text{ nm}$)



Příloha 6: Sušenky s přídavkem prášku z lyofilizovaného kysaného zelí (0, 1, 5, 10 a 15 %)

Testování přijatelnosti sušenek s přidavkem lyofilizovaného kysaného zelí

Jméno a příjmení:

Datum:

Věk:

Postupně ochutnejte 4 vzorky (na pořadí nezáleží) a do záznamu uveďte známku pro:

celkovou chuť

	vynikající		dobrý			nevyhovující	
	↓		↓			↓	
Vzorek č.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vzorek č.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vzorek č.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vzorek č.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

konzistenci

	vynikající		dobrá			nevyhovující	
	↓		↓			↓	
Vzorek č.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vzorek č.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vzorek č.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vzorek č.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Příloha 7: Dotazník pro senzoričké hodnocení sušenek s 1, 5, 10 a 15% přidavkem prášku z lyofilizovaného kysaného zelí