

# Obohacení kváskového chleba o netradiční mouky

Bc. Andrea Krejsová

---

Diplomová práce  
2022



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2021/2022

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Andrea Krejsová**  
Osobní číslo: **T20052**  
Studijní program: **N0721A210004 Technologie potravin**  
Forma studia: **Kombinovaná**  
Téma práce: **Obohacení kváskového chleba o netradiční mouky**

## Zásady pro vypracování

Cílem práce bude obohatit kváskový chléb o netradiční mouky s ohledem na vybrané nutriční hodnoty.

### I. Teoretická část

1. Studium dostupné literatury a provedení literární rešerše na dané téma.
2. Popis technologií výroby kváskového chleba a charakterizace jeho surovinové skladby.

### II. Experimentální část

1. Příprava těst pro kváskové chleby obohacené o netradiční komodity.
2. Analýza připravených výrobků.

Zpracování výsledků a diskuze.

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] PŘÍHODA, J., SKŘIVAN P., HRUŠKOVÁ M. Cereální chemie a technologie I: cereální chemie, mlýnská technologie, technologie výroby těstovin. 1. vyd. Praha: VŠCHT. 2003. 202 s. ISBN 80-7080-530
- [2] POKORNÝ, J. Metody senzorické analýzy potravin a stanovení senzorické jakosti. 1. vyd. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací. 1993. 196 s. ISBN 80- 85120-34-8
- [3] KUČEROVÁ, J. Technologie cereálií. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2008. 144 s. ISBN 978-80-7157-811-6
- [4] MANN, J. textendash TRUSWELL, A.S. Essentials of human nutrition. New York: Oxford, 2007. p. 353-356. ISBN 978-0-19-929097-0
- [5] VACULOVÁ, K. a kol. Nutriční a zdravotně preventivní přínos obilovin pro výživu lidí. Kvalita rostlinné produkce: současnost a perspektivy směrem k EU. VÚRV, Praha, 2003

Vedoucí diplomové práce: **Ing. et Ing. Anna Adámková, Ph.D.**  
Ústav analýzy a chemie potravin

Datum zadání diplomové práce: **31. prosince 2021**

Termín odevzdání diplomové práce: **13. května 2022**

L.S.

---

**prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.**  
děkan

---

**Ing. Robert Gál, Ph.D.**  
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 18. února 2022

## **PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE**

Beru na vědomí, že:

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

Prohlašuji,

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

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce s tématem „Obohacení kváskového chleba o netradiční mouky“ je rozdělena na dvě části. Teoretická část popisuje veškeré suroviny pro výrobu chleba, práci s kváskem a jeho složení. Dále je popsána výroba kváskového chleba v domácím prostředí. Praktická část zahrnuje technologický postup při výrobě kváskového chleba, identifikaci jednotlivých surovin, data získaná z laboratorních analýz, popis senzoričného hodnocení a jeho výsledky. Cílem bylo nalézt vhodnou recepturu pro výrobu kváskového chleba a mezi suroviny zařadit netradiční luštěninové mouky. Záměrem bylo zvýšit obsah bílkovin v běžné potravině. Ve vzorcích kváskového chleba byl stanoven celkový obsah dusíkatých látek a skladba aminokyselin.

Klíčová slova: kváskový chléb, mouka z červené čočky, hrachová mouka, kvásek

## **ABSTRACT**

The diploma thesis on the topic of "Enrichment of sourdough bread with non-traditional flour" is divided into two parts. The theoretical part describes all the raw materials for bread production, work with yeast and its composition, then the production of sourdough bread at domestic conditions is described. The technological process of the production of sourdough bread identification of individual raw materials, data obtained from laboratory analyzes and description of sensory analysis and its results are included in the practical part. The aim of diploma thesis was to discover a suitable recipe for production of soursoughbread and include non-traditional flour from legume among the raw materials. The intention was to increase the content of protein in common food. Total nitrogen and amino acid composition in sourdough bread samples were determined.

Keywords: yeast bread, red lentil flour, pea flour, sourdough

Tímto děkuji paní Ing. et Ing. Anně Adámkové, Ph.D. za cenné připomínky a odborné rady při zpracování této diplomové práce. Zároveň bych chtěla poděkovat své rodině a příteli za podporu v průběhu celého studia.

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

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>10</b>
<b>1 OBILOVINY</b> .....	<b>11</b>
1.1 ANATOMIE OBILKY .....	11
1.2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ OBILKY .....	12
1.3 PŠENICE OBECNÁ.....	14
1.4 ŽITO SETÉ.....	15
<b>2 MOUKY</b> .....	<b>16</b>
2.1 PŠENIČNÁ MOUKA .....	17
2.1.1 Mlýnská technologie .....	17
2.1.2 Chemické složení .....	18
2.2 ŽITNÁ MOUKA .....	19
2.2.1 Mlýnská technologie .....	19
2.2.2 Chemické složení .....	20
2.3 NETRADIČNÍ MOUKY .....	21
2.3.1 Hrachová mouka .....	22
2.3.2 Mouka z červené čočky.....	22
<b>3 KVÁSEK</b> .....	<b>24</b>
3.1 VÝROBA ŽITNÉHO KVÁSKU .....	24
3.1.1 Klasický způsob .....	24
3.1.2 Kvasový koncentrát.....	25
3.1.3 Kvasomat.....	25
3.2 VEDENÍ KVÁSKU.....	26
3.3 MIKROFLÓRA KVÁSKU .....	26
<b>4 KVÁSKOVÝ CHLÉB</b> .....	<b>28</b>
4.1 SUROVINY .....	28
4.1.1 Pšeničná mouka.....	28
4.1.2 Žitná mouka .....	28
4.1.3 Kvásek.....	28
4.1.4 Voda .....	29
4.1.5 Sůl .....	29
4.2 TECHNOLOGIE VÝROBY KVÁSKOVÉHO CHLEBA.....	30
4.2.1 Rozkvas .....	30
4.2.2 Příprava těsta .....	31
4.2.3 Kynutí a formování .....	31
4.2.4 Pečení .....	31

<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>33</b>
<b>5 CÍL PRAKTICKÉ ČÁSTI</b> .....	<b>34</b>
<b>6 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST</b> .....	<b>35</b>
6.1 SUROVINY .....	35
6.1.1 Pšeničná mouka.....	35
6.1.2 Žitná mouka .....	36
6.1.3 Mouka z červené čočky.....	37
6.1.4 Hrachová mouka .....	38
6.1.5 Voda .....	38
6.1.6 Kvásek.....	38
6.1.7 Sůl .....	39
6.1.8 Med .....	39
6.1.9 Kmín.....	39
6.2 RECEPTURA.....	40
6.2.1 Vývoj receptury.....	40
6.2.2 Aplikovaná receptura .....	42
6.3 METODIKA .....	43
6.3.1 Pomůcky, přístroje a chemikálie .....	43
6.3.2 Technologický postup výroby .....	44
6.3.3 Stanovení dusíkatých látek.....	47
6.3.4 Stanovení aminokyselin .....	48
6.3.5 Senzorická analýza.....	49
<b>7 VÝSLEDKY MĚŘENÍ A DISKUZE</b> .....	<b>51</b>
7.1 VÝSLEDKY STANOVENÍ DUSÍKATÝCH LÁTEK.....	51
7.2 VÝSLEDKY ANALÝZY AMINOKYSELIN .....	53
7.3 VÝSLEDKY SENZORICKÉHO HODNOCENÍ.....	55
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>60</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	<b>61</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>66</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>67</b>
<b>SEZNAM TABULEK</b> .....	<b>68</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH</b> .....	<b>69</b>



## ÚVOD

Chléb je starodávnou složkou lidské výživy zapadající do obvyklého způsobu stravování a jednou z nejoblíbenějších potravin konzumovaných po celém světě. V posledních letech je celosvětovým trendem snaha obohatit pekařské výrobky o netradiční suroviny a tím zvýšit nutriční hodnotu. Tyto výrobky nabírají na oblibě u spotřebitelů především kvůli pozitivnímu působení na zdraví lidského organismu. Chléb a další pekařské výrobky jsou významnou součástí výživy člověka už po staletí. Kvalitní kváskovýchléb je zdrojem nezbytných sacharidů a vlákniny, ale i minerálních látek a vitamínů. Z důvodů pandemické situace v roce 2020 a 2021 si mnoho lidí vyrábělo pečivo v domácích podmínkách.

V teoretické části jsou charakterizovány jednotlivé suroviny pro výrobu kváskového chleba, je zde popsána jejich výroba a složení. Mimo klasických ingrediencí jako pšeničná a žitná mouka, voda nebo kvásek, jsou popsány i netradiční mouky. Z nevhodných mouk pro výrobu chleba byly vybrány mouky z luštěnin z důvodů nedostatku používání této potraviny ve stravování dnešní populace. V této části diplomové práce byl také popsán technologický postup výroby chleba pomocí kvásku v domácích podmínkách, nikoli ve velkovýrobě. Bylo tak zvoleno z důvodu tehdejší zdravotní situace ve světě, kdy se obyvatelé více zabývali výrobou domácích produktů z důvodu nedostatku na trhu.

Praktická část diplomové práce popisuje experimentální vývin ideální receptury pro chléb fortifikovaný luštěninovou moukou. Byly zhotoveny receptury s různým podílem netradiční mouky pro jednotlivé druhy chlebů. Na srovnání byl také upečen chléb bez přidané luštěninové mouky jako standartní vzorek. Vzorky byly nejdříve sensoricky hodnoceny respondenty, kteří vyplnili dotazník. Vzorky byly následně podrobeny chemickým analýzám na zjištění obsahu hrubých dusíkatých látek a skladbu aminokyselin. V jednotlivých kapitolách experimentální části jsou představeny použité suroviny, technologický postup výroby v domácím prostředí, metodika zpracování včetně popisu metod analýz, výsledky a jejich diskuze.

Cílem diplomové práce je stanovit vhodnou recepturu pro výrobu kváskového chleba s příměsí luštěninových mouk a zvýšit tím tak obsah luštěnin ve stravě. Příměs luštěninové mouky by měla obohatit jinak pšeničný chléb o limitující aminokyseliny, a zároveň zvýšit obsah bílkovin v běžné komoditě. Tato práce si klade za cíl seznámit spotřebitele s chlebem fortifikovaným luštěninami, zjistit jejich sensorické hodnocení a doplnit trh o obohacený kváskovýchléb.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

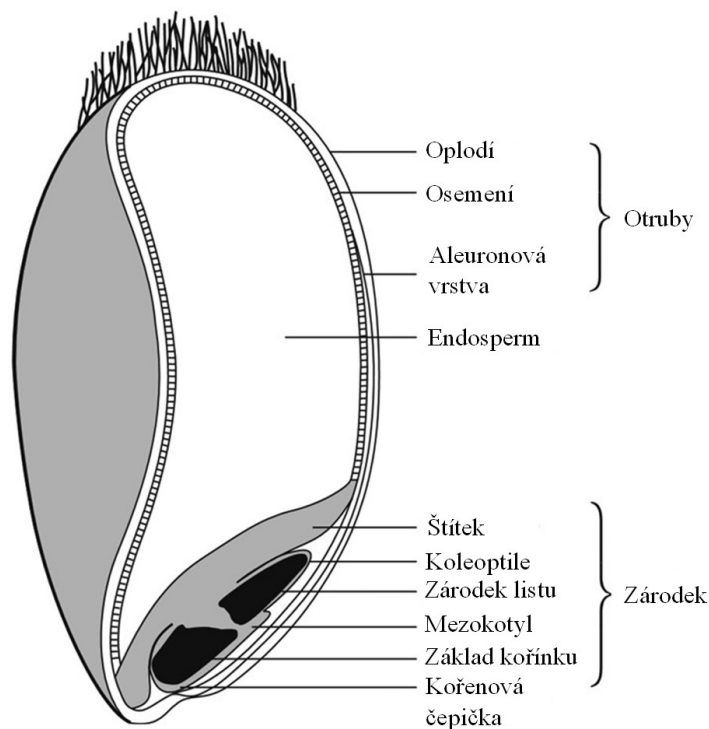
## 1 OBILOVINY

Jednou ze základních složek stravy lidské populace jsou obiloviny. Nejedná se pouze o důležitou potravinu, ale využívají se i jako krmivo a průmyslová surovina. Pro začátek je zapotřebí mít vymezené termíny obilovina a obilnina. Slovem obilnina se označují rostliny, porosty a plodiny. Obilovina je pojmenování pro produkt, masu zrna. Hlavním produktem obilnin jsou tedy obiloviny (Gabrovská et al., 2015). Obiloviny mají důležitou roli v zajištění energetické potřeby lidstva, mají větší podíl v bilanci spotřeby energie z potravy než mléčné a masné výrobky. Naopak ve světové spotřebě jsou obiloviny až na druhém místě za mlékem a výrobky z nich. Důležitou úlohu hrají také v bilanci zdrojů bílkovin živočišného a rostlinného původu. Nejvýznamnější surovinou pro výrobu potravin je spolu s rýží zejména pšenice. Do dalších zásadních obilovin se řadí žito, ječmen, kukuřice, oves, čirok a proso (Dostálová et al., 2016).

### 1.1 Anatomie obilky

Na výrobu potravin pro lidskou výživu se zpracovává výhradně zrno obilovin. Morfologické složení zrn různých obilovin je z pravidla totožné. Hlavní viditelný rozdíl různých druhů obilovin je především v jejich tvaru, velikosti a přítomnosti pluch. Rozeznávají se zrna pluchatá anebo nahá, které nemají pluchy. Finální vzhled zrna je závislý na mnoha faktorech, jsou to především klimatické podmínky, aplikovaná agrotechnika nebo jakost půdy (Soto-ómez a Pérez-Rodríguez, 2022).

Zrno se skládá z několika jednotlivých vrstev. Nejvrchnější součástí obalových vrstev je oplodí. To obsahuje polysacharid celulózu a lignin. Ihned pod povrchem se nachází osemení, tam se vyskytují polysacharidy a barviva typu karotenoidů. Dále směrem ke středu se nachází aleuronová vrstva, která má vysoký podíl proteinů, vitamínů a popelovin. Hlavní část zrna představuje endosperm, který je ze 75 % složený škrobem a zhruba z 12 % bílkovinami, zbytek tvoří lipidy a minerální látky. Vedle endospermu se ve vnitřní části zrna nachází také klíček, který je hlavním zdrojem tuků a minerálních látek. Klíček neboli zárodek je tvořen ze štítku (skutelum), který při klíčení uvolňuje enzymy, dále se zde nachází koleoptile, mezokotyl a první zárodek listu. Koleoptile je ochrana prvního listu při prorůstání půdou u procesu klíčení. Prostor mezi místem spojení štítku a koleoptile se nazývá mezokotyl. Velmi důležitý je základ kořínku a jeho ochranná čepička neboli pochva (Dostálová et al., 2016; Sluková et al., 2017).



Obrázek 1 - Anatomická stavba obilky (Iji et al., 2019)

## 1.2 Chemické složení obilky

Pro velkou část populace jsou obiloviny hlavním stálým zdrojem energie. Zrna obilovin jsou zdrojem veškerých důležitých živin, nicméně z výživového hlediska nejsou významné látky zastoupeny v rovnoměrném poměru. Ze sacharidů obsahují především škrob, dále cukry a neškrobové polysacharidy či oligosacharidy. Škrob je stravitelný polysacharid, který tvoří ve formě škrobových zrn zhruba 75 % endospermu. Vlivem mechanického mletí nebo působením enzymů se poškodí škrobnaté zrno a pak na sebe váží vodu (Soto-Gómez a Pérez-Rodríguez, 2022). Tímto pochodem se škrob podílí na struktuře těsta. Zároveň jsou škrobnatá zrna zdrojem zkvasitelných cukrů potřebných při kynutí těsta. Zmazovatělý škrob má podíl na struktuře střídky již upečeného chleba, ale také na jeho vláčnosti. Nestravitelné polysacharidy a oligosacharidy jsou nazývané jako vláknina. Tvoří ji požitelné díly rostlin odolné proti trávicím procesům v tenkém střevě člověka, jsou často fermentovány až ve střevě tlustém. Do této skupiny látek vyskytující se především v obalových vrstvách obilného zrna patří celulóza, lignin, beta-glukany a arabinoxylany. Vláknina vykazuje pozitivní zdravotní účinky na lidský organismus (Dostálová et al., 2016; Gabrovská et al., 2015).

Proteiny lze dělit dle morfologického zdroje na bílkoviny z endospermu, bílkoviny pocházející z aleuronové vrstvy a bílkoviny z klíčku. Z pohledu výživy jsou neplnohodnotné, protože nemají všechny esenciální aminokyseliny. Proteiny obilného zrna se dělí na frakce – albuminy, globuliny, prolaminy neboli gliadiny a gluteliny. Frakce se mezi sebou liší ve struktuře, škále aminokyselin, a tím i zdravotními a výživovými účinky. Mezi nejvíce zastoupené aminokyseliny patří prolin, glutamin a leucin. Lyzin, methionin a tyrosin jsou v obilovinách limitními aminokyselinami, jsou tedy v této komoditě nedostatečně zastoupeny. V různých částech zrna se podíl obsažených bílkovin liší. Vnitřní část obilného zrna zvaná endosperm má menší obsah bílkovin než vnější části, tedy obalové vrstvy a aleuronová vrstva. Kolik bude mouka obsahovat bílkovin je závislé na stupni vymletí zrna, na druhu obiloviny a na vnějších podnebných i agrotechnických podmínkách. Mouky skupiny tmavé a celozrnné disponují více bílkovinami s rozdílem až 4 % než mouky světlé (Gabrovská et al., 2015; Iji et al., 2019).

V minoritním podílu jsou lipidy, nejvíce tuků obsahuje obilný klíček. Lipidy obsažené v obilovinách jsou složeny především z triacylglycerolů a fosfolipidů. Triacylglyceroly jsou tvořeny především kyselinou olejovou, linolovou a palmitovou. Fosfolipidy fungují jako povrchově aktivní látky a zapříčiňují homogenní strukturu těsta pro výrobu chleba (Mann, 2017).

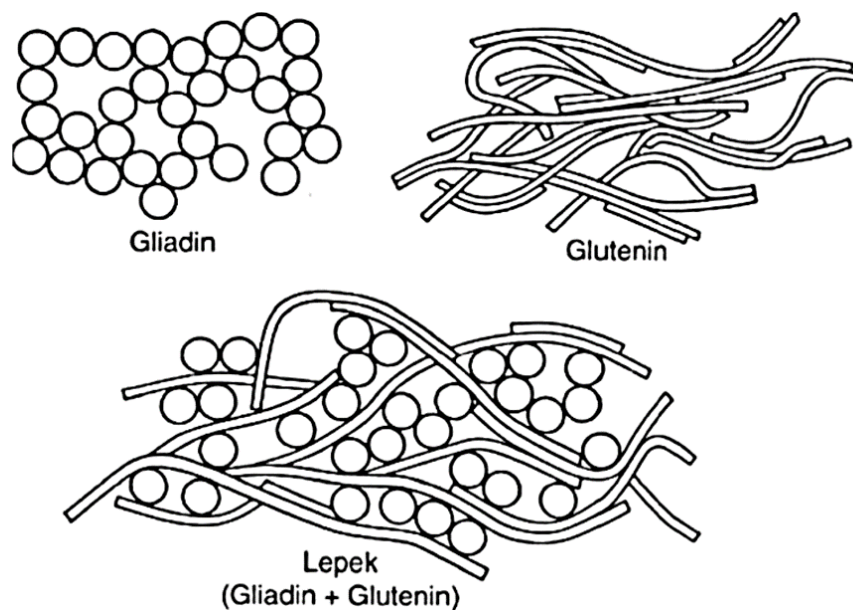
Obilka pojímá celou škálu významných látek. Zrno obsahuje vitamíny především skupiny B a E. Skupina B je zastoupena thiaminem, kyselinou nikotinovou, riboflavinem, nikotinamidem a je součástí aleuronové vrstvy. Při vyšším vymletí zrna se tyto vitamíny stávají složkou celozrnných mouk. Vitamín E se nachází hlavně v klíčku ještě s dalšími lipofilními látkami (Kučerová, 2016).

Z minerálních látek se v obilném zrně vyskytuje ve formě oxidů a solí především železo, fosfor, draslík, hořčík, zinek, vápník, sodík a selen. Většina z nich se vyskytuje v obalových a podobalových vrstvách. Hlavním ukazatelem fáze vymletí zrna je právě obsah popelovin neboli minerálních látek. Vysoko vymleté mouky (celozrnná, chlebová) dosahují obsahu až 1,25 % popela v sušině. Dříve platilo, že zrna bez pluchy mají méně vlákniny a minerálních látek, než mívají zrna pluchatá. V dnešní době vlivem šlechtění to již nemusí být pravidlem. Existují nahé odrůdy, které obsahují vysoký podíl vlákniny, minerálních látek a esenciálních aminokyselin. Proměnlivost těchto složek může být kromě odrůdy ovlivněna i podmínkami pro pěstování (Dostálová et al., 2016; Soto-Gómez a Pérez-Rodríguez, 2022).

Mezi biologicky aktivní látky řadíme cholin, fytoestrogeny a polyfenoly. Kyselina fytová, tedy její sůl fytát, je hlavní antinutriční součást nejen obilovin, ale i luštěnin. Tato kyselina tvoří vazby s vybranými dvojmocnými prvky a jejich komplexy jsou hůře využitelné, tedy i stopové a minerální prvky jsou obtížně stravitelné (Iji et al., 2019; Kučerová, 2016).

### 1.3 Pšenice obecná

Primární obilovinou pro potravinářství je pšenice, je to jedna z nejstarších druhů plodin a je spojena se začátkem zemědělství. Latinsky se též nazývá *Triticum aestivum*. Rostlina má slabě vyvinutý kořenový systém, květenstvím je klas. Je nejrozšířenější surovinou, která se využívá pro výrobu pekařských mouk. Ta se vymyká mezi ostatními především lepkem, který tvoří tažnou strukturu s vysokou pružností. Lepek, který je v poslední době předmětem diskusí, se skládá z dvou základních frakcí. Nazývají se gliadin a glutenin (Soto-Gómez a Pérez-Rodríguez, 2022).



Obrázek 2 - Molekuly gliadinu, gluteninu a jejich vzájemné spojení (Příhoda, 2012)

Bílkovinné frakce jim podobné se nachází i v žitu, ovsu či ječmeni, ale nemají schopnost formovat gelovou strukturu, tento gel tedy nelze vyprat. Při tvorbě těsta hnětením pšeničné mouky s vodou se vytvoří pružné a tažné lepkové těsto. V praxi je to základní kritérium pro stanovení jakosti mouky. V laboratořích se posuzuje pružnost, bobtnavost lepku a tažnost. Jeho vlastnosti bezprostředně ovlivňují kvalitu finálního těsta i znaky výrobku jako objem a struktura. Jako pekařský standart se pokládá 12 % obsahu těchto bílkovin, reálně se obsah

pohybuje mezi 10-15 % (Dostálová et al., 2016; Sluková et al., 2017). Z nutričního pohledu je důležitá rovnováha esenciálních a neesenciálních aminokyselin vlivem obsahu albuminů a globulinů. Když se srovná pšenice s dalšími obilovinami, tak disponuje nižším obsahem vitamínů a vlákniny (Mann, 2017).

#### 1.4 Žito seté

Žito seté se latinsky nazývá *Secale cereale*. Jedná se o rod jednoděložných rostlin čeledi lipnicovitých a je to velmi odolná a nenáročná plodina. Tato obilnina je pěstována za účelem získání zrna pro výrobu potravin. Žito je často pěstováno v ekologickém zemědělství především v oblastech s tradicí konzumace žitného pečiva. Je to jedna z kulturních plodin patřící mezi obilniny, je výrazně odolnější než pšenice. V Čechách je žito pěstováno zejména ve východě a jihu, především v podhorských regionech. Žito je tedy pěstováno ve vyšších polohách, v těchto podmínkách činí průměrný výnos 3,7 t/ha (Sluková et al., 2017). Nižší výnosy jsou především v horských oblastech a je tedy nezbytné chemické ošetření a hnojení. Bohužel v nepříznivých podmínkách při sklizni může docházet k porůstání zrna nebo výskytu plísně. Žito ozimé je velice mrazuvzdorné, proto se nejvíce hodí do těchto vyšších oblastí. Z agronomického pohledu se vyzdvihuje snášenlivost kyselých půd, suchovzdornost a celková snášenlivost ke špatným ekologickým podmínkám. Žito je výborným zdrojem vlákniny, obsahuje ji až 17 %. Se zastoupením až 5 % je důležitá rozpustná vláknina složená z arabinoxylanů (dříve pentosany), ty ovlivňují nutriční význam potravin a technologickou jakost. Vyznačují se potvrzenými zdravotními účinky na člověka po požití výrobků s žitnou moukou. Pozitivním dopadem na zdraví je například snížení hladiny glukosy v krvi po konzumaci nebo ovlivnění viskozity obsahu střev. Žito obsahuje řadu biologicky činných látek jako lignany, taniny nebo fytoestrogeny (Dostálová et al., 2016; Poutanen, 2014).

## 2 MOUKY

Dle vyhlášky č. 18/2020 Sb. o požadavcích na mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky, cukrářské výrobky a těsta se pojmem mouka rozumí mlýnský obilný výrobek získaný mletím obilného zrna, pseudoobilovin nebo rýže (Česko, 2020).

Rozmělněný vnitřní podíl obilky se tedy nazývá mouka. Je to všestranná komodita pro výrobu potravin, především pekařského sortimentu. Pšeničná a žitná mouka s různými stádií vymletí endospermu jsou považovány za primární. Mouky získané z luštěnin, jiných obilovin, či ostatních plodin se považují pouze za přísady. Je to například kukuřičná mouka, pohanková, sójová nebo rýžová mouka. Pšeničná a žitná mouka mají odlišné pekařské vlastnosti. Žitná mouka disponuje větším množstvím zkvasitelných cukrů než mouka pšeničná. Proto se do většiny kynutých těst z pšeničné mouky navíc dodá cukr (Příhoda, 2012).

V pekařském názvosloví se běžně vyskytují pojmy silná a slabá mouka. Mezi silné mouky patří ty, z kterých vzniká pevné těsto a mají vysokou vaznost vody. Tento typ mouk má nižší aktivitu enzymů. Pšeničné mouky mají značný obsah lepku, který dodává těstu pružnost a tažnost (Armbrust, 2014). Aby těsta ze silnějších mouk řádně vykynula, je nutné důkladné zpracování a tvarování těsta, popřípadě ho nechat déle zrát. Slabé mouky mají obrácené znaky – vysoká aktivita enzymů, jsou z nich měkčí těsta, která rychleji kvasí a jsou hůře tvarovatelná. U tohoto typu těst klesá příjem vody a zkracuje se doba zrání (Hidalgo a Brandolini, 2019).

Čerstvě namletá mouka je nevhodná k přímému pekařskému použití. Aby mouka získala chtěnou jakost, nechává se dozrát ve skladu. Pšeničná mouka zraje 2-3 týdny, žitné mouce stačí pouze 7-10 dní. Zrání mouky a její rychlost je ovlivněna přístupem kyslíku a teplotou prostředí. Když je mouka dopravována vzduchem, tak se doba zrání krátí. Dlouhé skladování celozrnných mouk je neefektivní, kvůli vyššímu obsahu tuku a mikroorganismům by mohlo dojít k znehodnocení komodity. V mouce při dozrávání probíhá mnoho biochemických pochodů, jejich efekt je především navýšení vaznosti mouky, a tedy i výtěžnost finálního výrobku. Zlepšuje se také kvalita lepku, oxidací vzduchem se totiž vytvářejí disulfidické můstky, které zlepšují elastické atributy lepku (Příhoda, Skřivan a Hrušková, 2003).



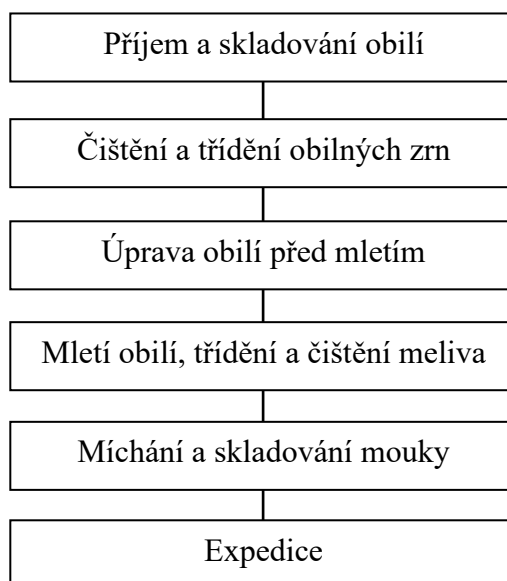
## 2.1 Pšeničná mouka

Pšenice je jedna z nejrozšířenějších kulturních plodin světa a zajišťuje konzum velké části lidstva. Dle výsledků ČSÚ (Český statistický úřad) z roku 2019 se spotřeba pšeničné mouky za poslední roky zvýšila. Průměrná roční spotřeba je 97,0 kg na osobu (Český statistický úřad, 2020). Pro potravinářské odvětví se pěstují tři hlavní druhy pšenice – pšenice setá (*Triticum aestivum*), dále pšenice tvrdá (*Triticum durum*) pro výrobu těstovin a pšenice špalda (*Triticum spelta*). Pro výrobu běžného pečiva se používá pšenice setá (Sluková et al., 2017).

Existuje celá řada laboratorních zkoušek technologické jakosti mouky, nejdůležitějším je pekařský pokus. Tato zkouška má ve světě více podob, avšak u nás se využívá Rapid Mix Test, což je státní odrudová zkouška obilí. Zkouška se provádí na upečeném chlebu, u toho se zjistí objem a přepočítá se na 100 g mouky. Tímto způsobem se zjistí měrný objem pečiva v ml. Čím je měrný objem chleba větší, tím je kvalitnější odrůda pšenice a je tedy příhodná pro výrobu pečiva (Příhoda, Skřivan a Hrušková, 2003).

### 2.1.1 Mlýnská technologie

Česko má v mlynářství již svoji tradici. Naše mlýny zpracují za rok 1200 tisíc tun pšeničného zrna. Technologie výroby v našich nížinách je rozdílná od světové produkce, především kvůli požadavkům na jakost mouky (Armbrust, 2014).



Obrázek 3 - Schéma zpracování obilovin (Sluková et al., 2017)

Zpracování obilí ve mlýně má tři základní fáze. První fází je předčištění obilí a příprava zrna na zámel. Obilí je transportováno dopravníky na příjmový koš. V laboratoři se u vzorku zrna stanoví primární parametry kvality. Zrno pšenice se dále člení na vzduchovém třídíči od lehkých příměsí a na magnetickém přístroji se separují kovové nečistoty. Dále je zrno dle kvalitativních vlastností skladováno v silech. Z různých tříd kvalit se míchá směs obilí připravená na zámel. Druhou sekcí je mlýnská čistírna. Zrno se musí vyčistit od zbytku nečistot a příměsí. Oddělují se zde zdravá zrna od poškozených, scvrklých a nedozrálých obilek, včetně jejich úlomků. Odstraňují se nečistoty na povrchu obilky nebo v její rýze, jako například prachové částice, zbytky oplodí a obalových vrstev. V této fázi se používají přístroje jako odkamenovače, sítové třídíče a triéry (Příhoda, Skřivan a Hrušková, 2003). Dalším důležitým úkonem je zvýšit vlhkost zrna. Děje se tak na intenzivním nakrápěči, ten dává vodu dle vlhkosti zrna. Zrno pak leží v zásobnících až 8 hodin kde křehne. Poté zrno cestuje do odíračky, kde se povrchově očistí od zbylých nečistot. Následuje druhé nakrápění na cílovou vlhkost pšenice 15-16 %. Třetí poslední fází je samotné mletí zrna. Úkolem je dokonale oddělit obalové vrstvy od endospermu a ten rozmělnit na jemné částice požadované velikosti. Celý proces mletí se skládá z několika technologických pasáží, kde jsou zahrnuty drtící operace, třídění dle velikosti a jakosti částic. Z každé pasáže se získávají pasážové mouky různé granulace. Pro mletí se používají strojní zařízení typu válcových stolic, rovinných vysévačů nebo čističky krupic. Pasážní mouka není ta finální, kterou lze zakoupit v obchodě. Mícháním více druhů pasážních vzniká mouka obchodní. Hlavním kvalitním znakem je obsah minerálních látek v mouce a granulace částic (Hrabě, Buňka a Hoza, 2007; Sluková et al., 2017). Pšenice má výhodu dostatečně křehkého endospermu, který je příhodný pro zhotovení nejen mouk, ale i krupic. Její velké plus je také snadno oddělitelný klíček i obalové vrstvy. Výsledkem je získání velmi čistého a světlého endospermu. To je základ pro kvalitní bílou mouku (Hidalgo a Brandolini, 2019).

### 2.1.2 Chemické složení

V pšeničné mouce jsou nejvíce zastoupené sacharidy, především škrob. Ten se vyskytuje v 75-80 % a plní funkci zásobního polysacharidu. Škrob disponuje důležitou funkcí ve finálním výrobku. Když je v kontaktu s vodou, tak začne bobtnat a při zahřátí se tvoří škrobový maz. Ten je potřeba pro charakteristickou vlhkost a vláčnost střídky chleba. Mouka by měla mít výborné plynotvorné vlastnosti a cukrotvorné předpoklady, to zajišťuje právě škrob. Z pekařského i nutričního pohledu jsou významnou součástí bílkoviny. Část proteinů má jedinečné pekařské znaky, které se nevyskytují v žádné obilovině. Tyto bílkoviny jsou

nazývány jako gluten neboli lepek. Obsahuje dvě hlavní podskupiny bílkovin, a to jsou gluteniny a gliadiny. Gluteniny mají na starost bobtnavost mouky a pružnost těsta z ní vyrobené. Gliadiny jsou nositelé tažnosti. Množství těchto bílkovin a jejich znaky jsou důležitým ukazatelem pro hodnocení kvality pšenice. Čím je více jakostního lepku v mouce, tím je objem pečiva vyšší. Mouka obsahuje také tuk, jeho podíl činí 1,5-2,5 %. Tuk je v zrna soustředěn především v klíčku. V endospermu jsou zhruba jen 3 % lipidů, zatímco klíček je tvořen až z 64 % tukem. Většinou část tuku tvoří nenasycené mastné kyseliny, hlavně kyselina linolová a linolenová. Množství vody v pšeničné mouce dosahuje 13-15 %. Mouka obsahuje i mnoho minerálních látek a vitamínů. Většina pšeničných mouk bohužel vlastní málo enzymů, proto se přidávají ve formě přídatných látek (Hidalgo a Brandolini, 2019; Sluková et al., 2017).

## 2.2 Žitná mouka

Oproti pšeničné mouce bohužel spotřeba žitné mouky za poslední dobu poklesla, sděluje tak ČSÚ. Průměrná spotřeba činí 8,6 kg na osobu a rok (Český statistický úřad, 2020). Ve vyhlášce č. 18/2020 Sb. jsou definované dva základní druhy žitných mouk pro použití v potravinářství. Ve vyhlášce je popsána žitná mouka světlá neboli výrazková, která má sytě bílou barvu a druhá je mouka žitná tmavá či chlebová, která vyniká šedavým odstínem (Česko, 2020).

Žitná mouka je vyrobena vymletím endospermu obilky žita setého (*Secale cereale*). Mlýnské výrobky ze žita se využívají především pro výrobu pečiva. Chléb může být buď čistě žitný, anebo je žitná mouka v podílu s jinou moukou, nejčastěji pšeničnou. Tato mouka je hojně používána do perníků nebo speciálních chlebů, například chléb knäckebrot či pumpernickel, jedná se o žitný lisovaný chléb. Výhodou žitné mouky je menší obsah lepku, než mají jiné druhy. Těsto z žitné mouky vytváří méně bublin, a tak pečivo je spíše hutnější než nadýchané. To zapříčiňuje nižší podíl lepku v žitné bílkovině, těsto nevytváří souvislou prostorovou síť jako těsto z pšeničné mouky (Kaur et al., 2021).

### 2.2.1 Mlýnská technologie

Zpracování žita je ihned na druhém místě za pšenicí, činí tak až 180 tisíc tun žita za rok. Výchozí technologický postup je u zpracování žita obdobný jako u pšenice (Kučerová, 2016). Standartní princip tkví v získávání částic zrna, které se vytěžují poslopně od středu zrna až k jeho obalovým vrstvám. Mouka vymletá z prostředka je světlá s nejnižším

obsahem minerálních látek, směrem k obalu jsou mouky tmavší s vyšším obsahem popela. Jeho obsah vzrůstá od hodnot 0,3 % až k hodnotám 1 % (Hrabě, Buňka a Hoza, 2007; Sluková et al., 2017).

V dřívějších dobách se zrna rostlin drtila ručně, v této podobě vznikly začátky mlýnské technologie. Principem těchto zastaralých postupů bylo rozdrčení celých semen travin. Po dlouhá tisíciletí bylo úkolem zrno pouze rozdrtit, postupně se vyvíjely technologické postupy pro účinnou separaci jednotlivých částí zrn obilnin. Principem novodobé mlýnské technologie je získat ze zrna maximální možné množství čistého moučného jádra v požadované granulaci. V současnosti je žitná mouka nejvýznamnější obilný výrobek pro výrobu chleba ve střední i východní Evropě. I když proces je velmi podobný technologii pšeničné mouky, z pohledu mlynářských vlastností se od pšenice přeci jenom liší. Oddělení všech obalových vrstev od endospermu nelze provést u žita tak snadno jako u pšenice. To je důvod tmavší žitné mouky a jiné struktury částic oproti pšeničné mouce. Mlýnský proces žita se děje ve dvou základních operacích – drcení zrna neboli dezintegrace a separace produktu. Pro hodnotnější výtěžnost se operace opakují v několika po sobě jdoucích cyklech. Každá tato pasáž obsahuje jak drtící, tak třídící sekci (Hidalgo a Brandolini, 2019). Žitné zrno se mění na válcových stolicích mezi dvěma otočnými ocelovými válci. Drcení je ovlivněno faktory jako rychlost otáčení válců, jejich povrchová úprava (případné rýhování) nebo působící síla na částice drceného zrna. Do první pasáže je vedeno celé nepoškozené zrno, tento proces se jmenuje první šrot. Standardní počet mlecích chodů je více než deset, v českých mlýnech se provádí patnáct až dvacet mlecích pasáží. Hlavním produktem je nesořodá směs, která je dále separována na samostatné frakce. Třídění částic se uskutečňuje na rovinných vysévačích a čističkách krupic. Mlýnský areál dále zahrnuje sklad surovin (nejčastěji obilné silo), míchárnou meliva a sklad finálních produktů. Konečné výrobky mohou být potravinové (mouky a krupice), nebo hospodářské (krmné mouky a otruby) (Příhoda, Skřivan a Hrušková, 2003).

### 2.2.2 Chemické složení

Žitná mouka je tvořena téměř z 80 % sacharidy, z nichž většina jsou polysacharidy s vysokým podílem škrobu. Z neškrobových polysacharidů jsou zastoupeny pentozany a arabinoxylany, ty mají v žitné mouce důležitou roli. Zatímco v pšeničné mouce jsou pouze 2 % těchto látek, v mouce žitné zaujímají 5-7 %. Tyto látky vážou velkou míru vody, díky tomu se tvoří viskózní roztok a spojením se škrobem vytváří základ struktury žitných těst. Žitná mouka disponuje větším množstvím zkvasitelných cukrů, proto se do kynutého těsta

z pšeničné mouky přidává cukr (Hidalgo a Brandolini, 2019). Zatím co v pšeničných moukách tvoří základ těsta lepek, u žitných těst je to polysacharidový komplex látek, především pentosanů. Ty jsou složkou vlákniny, protože jsou pro člověka nestravitelné. Žitné pentozany mají pozitivní účinek na trávicí systém, hlavně na sliznici střeva. Mouka vyrobená z žita má o něco méně bílkovin než pšeničná, jejich obsah je zhruba 8-10 %. Bílkovina nemá schopnost zhotovit souvislou prostorovou síť, která vytváří kostru pšeničného těsta (Mann, 2017).

### 2.3 Netradiční mouky

Na nynějším trhu se vyskytuje celá řada atypických druhů mouk. Každá mouka je charakterizována rozdílným chemickým složením i technologickými vlastnostmi, které se musí vzít v potaz při výrobě. Většina těchto odlišných mouk je přidávána do potravin za účelem nahradit část obilné mouky pro ozvláštění stereotypu. Existují mouky ze semen a ořechů, exotických druhů ovoce nebo právě luštěnin. Mezi mouky exotických druhů plodin patří například populární kokosová mouka nebo banánová mouka. Mandlovou, dýňovou, lněnou mouku spolu s moukou z vlašských či kešu ořechů řadíme též mezi mouky netradiční (Sridharan et al., 2020).

Jak již bylo vysvětleno v textu výše, za mouku je dle Vyhlášky 18/2020 Sb. považován mlýnský obilný výrobek získaný mletím obilného zrna, pseudoobilovin nebo rýže. V následujícím textu se nejedná o mouku stanovenou dle vyhlášky, ale o proslulý a obecně rozšířený název neobvyklých druhů suchých prášků (Česko, 2020). Zároveň ve vyhlášce Ministerstva zemědělství č. 329/1997 Sb. v aktuálním znění z roku 2014 o doplnění některých souvisejících zákonů, pro škrob a výrobky ze škrobu, luštěnin a olejnatá semena se pojednává o pojmu luštěninová mouka. Dle paragrafu pět jsou luštěninové mouky oloupané luštěniny mleté na stejnorodý prášek, popřípadě tříděné podle velikosti částic (Česko, 2014).

Správný administrativní název je mlýnský výrobek z mletých luštěnin. Luštěninové mouky mají vysoký podíl bílkovin, který činí až 40-50 %. Mouky vyrobené z luštěnin jsou složeny z rozmělněné loupané luštěniny na homogenní prášek. Ze sóji seté se vyrábí sójová mouka, vločky, krupice. Netradiční mouky jsou využívány zvláště k obohacení potravinářských výrobků všeho druhu a zvýšení vybraných nutričních látek. Do luštěninových výrobků řadíme mouku z hnědé, červené či černé čočky, mouku z mungo fazolí, hrachovou mouku ze zeleného či žlutého hrachu nebo mouku z cizrny. Homogenní prášky jsou vyrobeny

v různých granulacích, pro výrobu pečiva je používána mouka nejjemnější granulace. Mouky vyrobené z luštěnin vyčnívají svým složením a nutričním významem (Sridharan et al., 2020; Trinidad et al., 2006).

### 2.3.1 Hrachová mouka

Jemným mletím luštěniny hrachu zeleného vzniká neodborně nazvaná „hrachová mouka“. Je to mlýnský výrobek zhotovený semletím sušeného hrachu. Pro odstranění nepříjemného zápachu luštěnin je velice podstatné čištění semen. Hrách zelený je zralým plodem rostliny hrachu setého (*Pisum sativum*) z čeledi bobovitých. Ten je využívám jako zelenina, surovina pro další výrobu, krmivo, nebo průmyslová surovina pro výrobu škrobu. Hojně je používána pro zahuštění jídel a polévek, je vhodná na pečení chleba či výrobě trvanlivého crackerového pečiva (alternativa bramborových lupínek). Hrachová mouka přirozeně neobsahuje lepek, je tedy vhodná pro skupinu lidí s jeho nesnášenlivostí. Jemný prášek vyrobený z hrachové mouky disponuje vysokým obsahem bílkovin. Obsahuje také minerální látky jako draslík a fosfor, vitamíny skupiny B (thiamin, riboflavin, nikotinamid, kyselina pantotenová, pyridoxin), a vitamíny A i C. Tyto látky mají příznivý vliv na lidský organismus, řadí se mezi důležité antioxidanty a pomáhají při zažívacích potížích. Nativní semena hrachu obsahují zhruba 20-25 % bílkovin, což je dvojnásobek, než mají obiloviny. Dále obsahuje zhruba 55 % sacharidů (z toho je většina škrob) a okolo 1 % tuku. Vymyká se vysokým obsahem vlákniny okolo 15 %. Minerální látky jsou tvořeny ze 3 % se zastoupením především fosforu, hořčíku, draslíku, síry a vápníku. Bohužel v hrachu se vyskytují i antinutriční látky (inhibitory proteáz, lektiny, kyselina fytová, saponiny), které snižují výživovou hodnotu luštěnin (Sridharan et al., 2020; Vatanever et al., 2021).

### 2.3.2 Mouka z červené čočky

Čočka je jedna z nejrozšířenějších luštěnin čeledi bobovitých. Mouka z červené čočky oproti pšeničné mouce obsahuje více vlákniny, z ostatních živin zejména bílkovin. Z chemické stavby plodu převažují sacharidy z 56 %, dále je vysoký obsah bílkovin zhruba 25 % a tuku se v čočce vyskytuje asi 1,4 %. Z minerálních látek jsou zahrnuty vápník, sodík, selen, draslík, hořčík, ale i měď. Důležitým atributem čočkové mouky je absence lepku, je tedy vhodná i pro populaci alergickou na tuto bílkovinu (Marchini et al., 2021). Červená čočka je velmi vhodná pro vegetariány díky vysokému obsahu železa a bílkovin. Tato luštěnina ihned po konzumaci zasytí a je kvalitním doplňkem dietního stravování. Čočka vlastní vysoký podíl vlákniny, který je prevencí zácpy a střevních problémů. Mouka je chuťově

nestranná, díky tomu se může použít do sladkých i slaných pokrmů, jejich chuť závisí na ostatních surovinách a koření. Mouka z této luštěniny je velmi univerzální, dá se aplikovat na zahuštění polévek, jako ingredience do karbanátků nebo bramboráků a jiných jídel. Je hojně používána v indické kuchyni. Využití najde v jídelníčku veganů i vegetariánů a pro zajímavý obsah bílkovin je vhodná i pro sportovce (Lee et al., 2021; Romano et al., 2021).

### 3 KVÁSEK

Většina chlebů kváskového typu vyrobených v ČR obsahuje velké procento žitné mouky. Pro nakynutí chleba klasického typu se nepoužívá droždí, nýbrž žitný kvas. Ten je připraven z celozrnné žitné mouky a vody, vyvine se řídké těsto fermentované přirozenou mikroflórou. Kvašení se rozběhne v teplém prostředí v důsledku činnosti mikroorganismů obsažených v mouce. Jsou zde přítomné různé kultury kvasinek a bakterií mléčného kvašení (Bottani et al., 2018; Treuille a Ferrigno, 2005).

Dle vyhlášky č. 18/2020 Sb. o požadavcích na mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta je akceptovaný název, jak kvas, tak kvásek. Tato vyhláška popisuje, že kváskem se rozumí prokvašený polotovar, který se skládá z jednoho či více obilných výrobků a vody. Jeho mikroorganismy potřebné pro kvašení jsou v aktivním stavu a v takovém množství, aby byly schopné zakyselit těsto. Kvas je vyroben bez přidání enzymů nebo použití přídatných látek. Přítomné kyseliny vznikají pouze v důsledku fermentace. Když je žitný kvásek kvalitně vyzrálý, má schopnost několikrát opakovat množení (Česko, 2020). Při použití žitného kvasu se docílí zkrácená doba fermentace i hnětení těsta (Albagli et al., 2021).

Dle vyhlášky č. 18/2020 Sb. je akceptován název chléb kvasový/kváskový nebo s kvasem/kváskem pro produkty zakyseleny výhradně kvasem. Pro typ chleba, který byl kypřený a zakyselený výhradně žitným kvasem lze používat název tradiční kvasový/kváskový nebo tradiční s kvasem/kváskem (Česko, 2020).

#### 3.1 Výroba žitného kvásku

Existují tři základní způsoby výroby kvásku – klasický způsob, kvasové koncentráty nebo kvasomaty. Volba způsobu výroby záleží na preferencích pekárny. Odborně se jeho výroba nazývá vyvádění kvasu (Momčilová, 2015).

##### 3.1.1 Klasický způsob

Kvásek pro tradiční způsob technologie chleba se připravuje v několika stupních výroby. Tento způsob se nazývá také jako třístupňový kvas. Základem je zákvasek, což je zbytek zahuštěného kvásku z minulého pečení. Ten se smíchá s vodou a žitnou moukou v poměru 2:1, aby bylo docíleno výtěžnosti maximálně 250. Výtěžnost kvásku se formuluje jako relace hmotnosti vzniklého kvásku ku hmotnosti použité mouky včetně té v základu. Tento stupeň kvasu zraje 5-6 hodin při teplotě zhruba 24 °C, množí se zejména kvasinky. Přidáním další



mouky a vody ve stejném poměru se získá třetí stupeň, hmota má tužší konzistenci a výtěžnost 190-210 (Lužná, 2019). Kvásek vospívá minimálně 4 hodiny při teplotě přibližně 27 °C. V tomto stupni se množí obzvláště bakterie mléčného kvašení. V třetím stupni se výtěžnost pohybuje okolo 220-240, kvásek zraje 3 hodiny při teplotě okolo 30 °C. Zde probíhá alkoholové i mléčné kvašení pomocí spolupráce bakterií a kvasinek. Na výrobu chleba se použije 2/3 kvásku, zbylou 1/3 schováme pro výrobu opakovaného kvasu. Třístupňový způsob není moc využíván pro jeho náročnost, je také nejpracnější a záleží na dovednosti pracovníků. Jeho výhodou jsou ideální výsledky pro senzorickou analýzu výrobku (Bottani et al., 2018; Momčilová, 2015).

### 3.1.2 Kvasový koncentrát

Pro výrobu rozkvasu jsou kvasové koncentráty čím dál používanější. Jedná se o zahuštěný žitný kvásek. Tyto koncentráty vyrábí specializované firmy. Často se přidává droždí v dávce 1-1,5 %, jako podpora kypření. V kvasovém koncentrátu jsou hojně obsaženy organické kyseliny. Kromě mléčné a octové také kyselina citrónová, jablečná či vinná. Do směsi mohou být přidány i barviva nebo hydrokoloidy, které váží vodu. Legislativa dovoluje přidávat do kvasu stabilizátory a kombinované zlepšující preparáty. Chlebové výrobky s tímto druhem kvásku mají podobné organoleptické vlastnosti jako chléb vyrobený tradičním způsobem (Arora et al., 2021; Poutanen, 2014).

### 3.1.3 Kvasomat

Další možností je technologie kvasomatů, což je vlastně výrobek přírodních kvasných produktů. Kvásek je vyráběn díky zárodečným kulturám, které mají vysoký stupeň kyselosti. V poslední době je tlak na co nejrychlejší fermentaci a preferují se zkrácené procesy výroby kvasů. Ve výrobě se smíchá příslušná startovací kultura bakterií mléčného kvašení s moukou a vodou přímo na požadovaný objem kvásku. Je možné i dvoustupňové nebo třístupňové vedení (Arora et al., 2021). V kvasomatech se tvoří především organické kyseliny, jako například kyselina mléčná nebo octová, technologické podmínky neposkytují vhodné množení pro dostatečný rozvoj kvasinek. Kvasomat neboli fermentátor slouží i pro skladování a zrání kvasu. Při tomto způsobu výroby je možnost přidání droždí pro lepší kypření těsta. Výroba je vcelku jednoduchá, časově pružná s možností různorodého sortimentu, při početnějším objemu výroby i velice ekonomická (Coda et al., 2017; Kučerová, 2016).

### 3.2 Vedení kvásku

Pro dostačující množství žitného kvásku je zapotřebí ho množit. Laicky se tomuto ději říká vedení. Množení je důležité nejen pro zadělání aktuálního těsta, ale především pro uschování kvasu na příští pečení. Je-li zapotřebí, aby kvásek uchovaný na příště vydržel déle, sníží se obsah vody zahuštěním žitnou moukou, zpomalí se tak činnost mikroflóry. Při vedení je zásadní kvalita použitých potravin, především vysoká jakost žitné mouky a atributy použité vody (Albagli et al., 2021).



Obrázek 4 - Tři stupně vedení kvásku (České tradice, 2013)

### 3.3 Mikroflóra kvásku

Obyčejný chléb má oproti kváskovému pečivu kratší skladovatelnost. Bakterie obsažené v kvásku produkují kyseliny, díky kterým má chléb delší trvanlivost. V žitném kvásku se vyskytují bakterie mléčného kvašení spolu s kvasinkami. Tyto dva druhy mikroorganismů žijí ve vzájemné symbióze, činnost bakterií prakticky okyselí prostředí pro činnost kvasinek (Bottani et al., 2018; Rocha a Malcata, 2012).

Úlohou kvasinek je produkce ethanolu a oxidu uhličitého při fermentaci jednoduchých cukrů. Nejčastější kvasinky, které garantují alkoholové kvašení, se nazývají *Saccharomyces cerevisiae*. Jejich produktem je především plyn CO<sub>2</sub>, který dělá těsto kyprým. Chlebové aroma nevytváří pouze tento plyn, ale organické sloučeniny vzniklé jako sekundární látky při kvašení (Lužná, 2019). Jsou to například organické kyseliny, aldehydy a alkoholy. Už při 25 °C se kvasinky dostatečně množí, ale více kvasných plynů vzniká za vyšší teploty. Kvasinky nejlépe rostou při teplotě 25-32 °C, ideální hodnota pH je 4,2-6. Kvasinky se snadněji množí v kvásku řidší konzistence. Alkoholové kvašení je anaerobní proces, ale při přípravě kvasu je vhodné obsah promíchat, tím se dodá kvasinkách kyslík, který zapříčiní lepší množení. Ve vyzrálém kvasu se vyskytuje 30-70 milionů kvasinek v 1 g (Kučerová, 2016; Rocha a Malcata, 2012).

Kromě kvasinek se na procesu fermentace podílí i bakterie mléčného kvašení. Ty obstarávají kvásku, posléze i chlebu nezbytnou kyselost. Mléčné kvašení způsobují bakterie rodu *Lactobacillus*, ty přeměňují cukry především na kyselinu mléčnou a octovou. Dalšími produkty, které dodávají chlebu jeho typické organoleptické vlastnosti, jsou aldehydy a alkoholy. Zda se tvoří kyselina octová, či kyselina mléčná je závislé na teplotě kvasu při fermentaci. Při nižších teplotách kvásku mezi 20–30 °C se tvoří především kyselina octová, když je teplota kvásku nad 30 °C vytváří se více kyseliny mléčné. Nejvíce vyskytující se bakterie v žitných kvasech se dělí na homofermentativní (*Lactobacillus delbrueckii*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus leichmannii*) a heterofermentativní (*Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus buchneri*). Když je chléb vlivem těchto mikroorganismů kyselejší, je odolnější vůči plesnivění a hnilobě. Ideální kyselost chlebového těsta nemá vliv pouze na trvanlivost, ale také na kvalitu, protože kyselost ovlivňuje bobtnání škrobu a bílkovin. Počet bakterií rodu *Lactobacillus* se v kvasech pohybuje okolo  $10^8$  na gram kvásku (Rocha a Malcata, 2012).

## 4 KVÁSKOVÝ CHLÉB

Vyhláška č. 18/2020 Sb. říká, že chléb je pekařský výrobek kvašený droždím nebo kváskem, či jejich kombinací. Tato vyhláška také definuje pojem speciální chleba, který může obsahovat mimo základních obilných surovin také olejniny, rýži, skořápkové plody anebo právě luštěniny (Česko, 2020).

### 4.1 Suroviny

Základními surovinami pro výrobu kváskového chleba je mouka, samotný kvásek, voda a sůl. Další pomocnou složkou pro výrobu těsta mohou být vejce, cukr, mléčné výrobky, kypřidla a tuk. Tyto přídavné suroviny nejsou pro výrobu nepostradatelné, ale obohacují senzorické vlastnosti finálního výrobku, především chuť a strukturu (Lužná, 2019). V moderních technologiích se používá celá škála zlepšujících přípravků. Jsou to různé druhy emulgátorů, enzymů, oxidantů, modifikovaných škrobů a přírodních hydrokoloidů, které mají za úkol vázat vodu. Důležité jsou také aromatizující a ochucovací látky, například fenykl, kmín a anýz. Pro dobarvení těst se používá karamel nebo cikorka. Všechny tyto zlepšující látky jsou kombinovány a individuálně dávkovány pro specifické výrobky. Pozitivum těchto složek je, že zpomalují stárnutí finálního výrobku (Příhoda, 2012).

#### 4.1.1 Pšeničná mouka

Jednou z nejvýznamnějších surovin pro výrobu kváskového chleba je mouka. K samotné přípravě těsta se používá především pšeničná mouka, naopak žitná mouka je potřeba k namnožení a zadělání kvásku (Momčilová, 2015). Více o pšeničné mouce bylo popsáno v kapitole 2.1.

#### 4.1.2 Žitná mouka

Mouka vyrobená ze žita je nepostradatelná pro výrobu kvásku (Poutanen, 2014). Všechny potřebné informace byly sepsány v kapitole 2.2.

#### 4.1.3 Kvásek

Základem je uskladněný zbytek kvásku z minulého pečení, ten je nazýván jako zákys. Ten slouží k namnožení mikroflóry a přivedení kvásku do aktivního stavu (Momčilová, 2015). Vlastnosti i množení kvásku byly popsány v kapitole 3.

#### 4.1.4 Voda

Voda je důležitou součástí těst i kvasů, měla by být chemicky i biologicky nezávadná a musí splňovat předpoklady pro pitnou vodu. Pro pekařské řemeslo je teplota použité vody významná, její pomocí se dá upravovat teplota kvásků a kynutých těst. Teplota těsta na rozkvas by se měla pohybovat v rozmezí 26-30 °C (Hadašová, 2021). Teplota vody se reguluje ve směšovací nádobě, požadovaným výsledkem je ideální teplota vody pro daný technologický postup. Existují vzorce pro náležitý výpočet teploty vody. Ve vzorci se nachází vztah hmotnostního poměru vody ku ostatním surovinám, teplota okolních prostor, teplota surovin, typ stroje mísící těsto a dobu zrání kvásku či těsta (Velíšek a Hajšlová, 2009).

Mezi další ukazatele jakosti patří tvrdost vody, která uvádí obsah rozpuštěných hořečnatých a vápenatých iontů. Při použití tvrdé vody se zpomaluje kvašení a lepek se ztužuje. Když je voda tvrdšího charakteru, je doporučováno přidat do těsta více droždí nebo sladového prášku. Naopak příliš měkká voda vytváří lepkavou strukturu s nízkou vazností (Slavíková, 2020). Kromě vápníku a hořčíku obsahují chemicky neupravené vody minerální soli v podobě síranů, uhličitanů a chloridů. Fyzikálně chemické změny v těstě mohou být ovlivněny množstvím a poměrem minerálních látek obsazené ve vodě, působí především na činnost bílkovin, zejména lepku (Hrabě, Buňka a Hoza, 2007). Dalším znakem vody je kyselost a alkalita. Její pH by měla mít nanejvýš hodnotu 8. Při vysoké alkalitě by se snižovala kyselost kvásku a jeho zrání by se zpomalilo, objem pečiva by byl z tohoto důvodu menší, ale barva a struktura střídky chleba by byla kvalitní. Voda s nízkou alkalitou napomáhá rychlejšímu zrání a konečný produkt je objemnější, nadýchanější ale vybarvenost střídky chudší (Momčilová, 2015; Příhoda, 2012).

Použitá voda do pekařských výrobků by měla být bez cizích příchutí či pachů a měla by mít střední tvrdost. Jestliže je v technologickém postupu potřeba pára, voda pro její přípravu by měla být co nejměkčí, kvůli zanášení trubek a trysek napařovacího stroje rozpuštěnými minerálními solemi (Příhoda, Skřivan a Hrušková, 2003).

#### 4.1.5 Sůl

Krystalická ingredience složená alespoň z 97 % chloridem sodným v sušině se nazývá jedlá neboli kuchyňská sůl. Může být obohacena buď samotným potravinovým jódem nebo doplňkem jódu s flórem. Sůl má hlavní úlohu jako chuťová složka (dodává výrobkům plnou chuť), ale i regulátor technologických postupů (Slavíková, 2020). Protože sůl dehydruje

proteiny a tím zpomaluje enzymatické a kvasné reakce, je těsto s přidanou solí tužší. To je důvod přidávání soli až do těsta, nikoli do fermentačních stupňů kvásku. Sůl napomáhá akurátní zabarvení kůry chleba v průběhu pečení. Když se přidá příliš soli do díla, tak těsto nedostatečně kyne a finální výrobek nemá uspokojivou pórovitost. Naopak nesolené těsto velmi lehce překeje a rozlévá se, je málo hutné. Existují různé druhy granulací jedlé soli. Přímou do těsta se přidává od 0,5 % do 2,5 % kuchyňské soli jemné granulace na celkovou hmotnost mouky. Jemná sůl do těsta je využívána kvůli dobré rozpustnosti. Ve velkých podnicích se nevyužívá krystalická surovina nýbrž solanka, což je nasycený roztok NaCl ve vodě o koncentraci 26-19 %. K posypání pečiva se užívá hrubozrnná sůl, protože vlhne pozvolna (Kurtz et al., 2018; Sun et al., 2021).

## 4.2 Technologie výroby kváskového chleba

V této kapitole bude popsána technologie výroby kváskového chleba v domácím prostředí, nikoli na průmyslové úrovni. Těsto pro výrobu kváskového chleba by mělo být pružné, ale zároveň díky přítomnosti lepku i tažné, s velkým podílem CO<sub>2</sub> (Niçin et al., 2022).

### 4.2.1 Rozkvas

Při malovýrobě chleba se nejčastěji používá přímé vedení kvasu. Je vhodné, aby žádoucí mikroorganismy převažovaly nad nežádoucími MO obsažené v mouce. Kvásek a jeho mikroflóra rozhoduje nejen o organoleptických vlastnostech finálního výrobku, ale i o struktuře a nadýchanosti. Na rozkvas je použit schovaný kvásek z dřívějšího pečení, kde jsou koncentrované mikroorganismy (Arora et al., 2021). Přidá se žitná mouka a voda pro namnožení mikroflóry dle individuální receptury. Teplota rozkvasu nesmí přesáhnout 30 °C, kvasinky se snadno množí v teplotě 26-28 °C. Při vyšší teplotě je riziko vývoje nežádoucích MO, hlavně bakterií mléčného kvašení. Rozkvas se tedy vyrábí z části předešlého kvásku, má-li kvásek déle vydržet bez namnožení („nakrmení“) je vhodné ho ahustit žitnou moukou a vložit do lednice, zpomalí se tak funkce MO. K závasku se přidá stejné množství vody a žitné mouky, jemně promíchá a vznikne základ pro chléb. Rozkvas se nechá zrát na teplém místě o teplotě okolo 22 °C zhruba 8-12 hodin (Coda et al., 2017; Trhoňová a Gottwaldová, 2019).

#### 4.2.2 Příprava těsta

Dle receptury se na vahách připraví gramáže jednotlivých surovin – pšeničná a žitná mouka, vlažná voda, sůl, kmín, cukr a další chtěné přídavné látky. Do hnětací mísy je dán již rozkvašený kvásek a zbytek ingrediencí. Kvásek tvoří většinou až 50 % hmotnosti. Mísa s ingrediencemi se vloží do kuchyňského stroje vybaveným hnětacím hákem a zapnuté zařízení začne mísit. Nejdříve jsou promíchány suroviny a dochází k homogenizaci veškerých složek. Hnětení těsta napomáhá chemickým a enzymatickým reakcím (Treuille a Ferrigno, 2005). Pozvolna dochází k tvorbě prostorové lepkavé sítě tvořené z bílkovin a polysacharidů. Trojrozměrná síť má znaky elastického gelu a tvoří nosnou strukturu chlebového těsta. Důležitou roli při přípravě těsta hraje i škrob ve své zmazovatělé podobě. Na vlácnosti díla se účastní vázaná voda v surovinách i přidaná voda dle receptury. V průběhu hnětení se může přidat malé množství vody, jestliže je těsto příliš tuhé a nemůže se sjednotit. Naopak jestliže je těsto příliš tekuté, zaprášíme ho trochou mouky pro spojení fází (Hadašová, 2021; Slavíková, 2020). Další důležitou součástí při hnětení těsta je vzdušný kyslík, který napomáhá vytvářet disulfidické můstky mezi jednotlivými AMK. Těsto je připraveno, když jsou veškeré součásti bílkovina škrobu hydratovány. Hotové těsto se lepí na hnětací hák homogenní směs, která je tažná a pružná. Lepkává hmota se sundá z háku, těsto se jemně zpracuje a nechá se kynout (Cauvain, 2003; Mondal a Datta, 2008).

#### 4.2.3 Kynutí a formování

Kvalitní fermentace probíhá za dostatku zkvasitelných cukrů a zvýšené činnosti kvasinek. Pro podporu kvašení se do těsta přidávají cukry v podobě medu nebo krystalového cukru. Vyhnětené těsto může kynout buď v kynárně, nebo v domácích podmínkách na teplém místě při pokojové teplotě (Trhoňová a Gottwaldová, 2019). Při kynutí se těsto několikrát vytáhne a přeloží, buduje se tak kvalitní struktura těsta. Těsto se vždy jemně zpracuje, lehké zpracování je důležité pro zachování CO<sub>2</sub> v díle a je zaručena jeho nadýchanost. Dle receptury po 2-4 hodinách kynutí a překládání je těsto zralé k finálnímu kroku, a to je tepelná úprava (Arora et al., 2021).

#### 4.2.4 Pečení

Po kvalitním vykynutí se bochník musí upéct. Během pečení se odehrávají v těstě koloidně chemické změny. Chleba se peče ve dvou teplotních fázích, v té první je teplota přes 220 °C, některé receptury uvádějí až 260 °C. V této fázi nabude chleba objemu a propéká se povrch chleba neboli kůrka. V začátku pečení se stále odehrávají fermentační reakce,  $\alpha$ -amylasa

je inaktivována zhruba při 70 °C, kvasinky ukončují činnost už při 50 °C. V druhé fázi se teplota sníží na zhruba 180-200 °C (Hadašová, 2021). Zde probíhají barevné změny kůrky a propečení střídky bochníku. Pečením se vyvíjí aromatické látky, vzniká také ethanol a acetaldehyd, který vzniká z pentosanů. Z toho tedy vyplývá, že v žitných výrobcích je jich více než v pšeničných. K denuraci bílkovin dochází pečením již při 60 °C, tehdy uvolňují vázanou vodu. Zároveň nastane mazovatění škrobu, který přijímá vodu. Je vhodné, aby měl škrob zásobu vody, která zůstane ve výrobku a neopaří se při pečení z důvodu vláčnosti střídky. Důležitý bod po pečení výrobku je jeho vychladnutí a správně skladování. Vyrobené pečivo se nechá volně chladnout na perforovaných plechách. Vystydnutí může trvat i desítky minut. Výrobky jsou baleny, až když střídka chleba je zcela vychladlá. Chléb je skladován v suchém prostředí (Cauvain, 2003; Mondal a Datta, 2008).



## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 CÍL PRAKTICKÉ ČÁSTI

Cílem diplomové práce bylo stanovit vhodnou recepturu pro kváskový chléb, obohatit jej o vybrané netradiční mouky z luštěnin a zvýšit tím obsah bílkovin. Následně na upečených výrobcích provést analýzu složení aminokyselin a obsah celkových dusíkatých látek. Zároveň bylo cílem zjistit organoleptické vlastnosti chlebů s luštěninovými moukami senzoricou analýzou.

## 6 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

### 6.1 Suroviny

Na výrobu kváskového chleba byly použity suroviny, které lze standartně zakoupit na českém trhu. Kvásek byl založen i veden již dříve pro běžné pečení domácích bochníků. Všechny použité suroviny byly totožné výrobní šarže. Základ kváskového chleba se skládá z pšeničné a žitné mouky, kvásku, vody, soli, medu, kmínu. V prvním typu chleba bylo nahrazen 10 a 20 % mouky hrachovou, do druhého typu chleba byla přidána mouka z červené čočky ve stejných procentech. Pro experiment byly použity mouky z luštěnin z důvodu nedostatku luštěnin ve výživě člověka. Pomocnými surovinami pro výrobu byl řepkový olej značky Lukana a jemný kukuřičný škrob značky Dr. Oetker.

#### 6.1.1 Pšeničná mouka

Největší hmotnostní podíl v surovinovém složení měla pšeničná mouka. Chléb byl pečen z mouky, která byla vyrobena firmou Mlýn Janderov, spol. s r.o. na Chrudimsku. Tato mouka byla vybrána především z důvodu kladné zkušenosti při výrobě pečiva v domácích podmínkách a pro nadstandartní velikost balení.

Složení: hladká pšeničná mouka celozrnná

Šarže: PN 01/92 MLÝN JK 751 213

Hmotnost balení: 2 balení po 3000 g

Země původu: ČR

Tabulka 1 - Výživové údaje na 100 g pšeničné mouky

Energetická hodnota	1411 kJ/334 kcal
Tuky	2,2 g
Z toho nasycené mastné kyseliny	0,3 g
Sacharidy	62 g
Z toho cukry	2,3 g
Bílkoviny	12 g
Sůl	<0,01 g
Vláknina	9 g

### 6.1.2 Žitná mouka

Důležitou surovinou pro výrobu chleba byla žitná mouka. Tvoří velký podíl v základní receptuře, ale především je významná pro množení kvásku. Pro experiment byla vybrána žitná mouka Pernerka, především pro pozitivní zkušenost při zkoumání vhodné receptury. Mouku vyrábí Mlýn Perner Svijany spol. s.r.o.

Složení: žitná celozrnná hladká mouka

Šarže: IMT 29082021

Hmotnost balení: 1000 g

Země původu: ČR

Tabulka 2 - Výživové údaje na 100 g žitné mouky

Energetická hodnota	1433 kj/339 kcal
Tuky	1,9 g
Z toho nasycené mastné kyseliny	1,6 g
Sacharidy	61,4 g
Z toho cukry	0,8 g
Bílkoviny	11,2 g
Sůl	0,0 g
Vláknina	16,0 g



Obrázek 5 - Aplikovaná žitná celozrnná mouka hladká (autor práce)

### 6.1.3 Mouka z červené čočky

Na výrobu druhého typu chlebů byla použita mouka vyrobená z červené čočky od značky Grizly.



Obrázek 6 - Použitá mouka z červené čočky (autor práce)

Složení: červená čočka mletá 100 %

Šarže: L71364-241121H

Hmotnost balení: 1000 g

Země původu: ČR

Tabulka 3 - Výživové údaje na 100 g mouky z červené čočky

Energetická hodnota	1476 kJ/348 kcal
Tuky	0,9 g
Z toho nasycené mastné kyseliny	0,1 g
Sacharidy	60,0 g
Z toho cukry	3,7 g
Bílkoviny	25,0 g
Sůl	0,01 g

#### 6.1.4 Hrachová mouka

Do prvního typu chlebů byla použita luštěninová mouka ze zeleného hrachu od firmy Grizly. Tato mouka byla vybrána z důvodu obliby hrachu jako potraviny a také pro její atraktivní zelenou barvu. Mouka byla již dříve odzkoušena autorem diplomové práce při hledání vhodné receptury.

Složení: zelený hrách mletý 100 %

Šarže: L71684-300321

Hmotnost balení: 1000 g

Země původu: ČR

Tabulka 4 - Výživové údaje na 100 g hrachové mouky

Energetická hodnota	1239 kJ/295 kcal
Tuky	1,3 g
Z toho nasycené mastné kyseliny	0,26 g
Sacharidy	49,1 g
Z toho cukry	3,2 g
Bílkoviny	23,1 g
Sůl	0,04 g

#### 6.1.5 Voda

Pro výrobu chlebů byla použita voda kohoutková pitná. Voda použitá pro přípravu chlebového těsta musí podléhat chemickým a mikrobiologickým kritériím. Z důvodů pandemické situace byl chléb pečen v domácích podmínkách ve městě Žamberk na Orlickoústecku. Voda na Žamberecku disponuje hodnotou 2,3 mmol/l iontů kovů alkalických zemin, což spadá do mezí tvrdosti středně tvrdé vody. Její rozmezí činí 1,26–2,5; použitá voda je tedy spíše na horní hranici rozpětí. Maximální vodíkový exponent při výrobě kynutých potravin by měl být 8 pH. Voda v této lokalitě má pH v rozmezí 7,6–7,7. Na rozkvas i do těsta byla použita vlažná voda pro zkvalitnění kvasných procesů.

#### 6.1.6 Kvásek

Základem rozkvasu pro domácí přípravu chleba je schovaná dávka kvásku zhruba o hmotnosti 50 g. Kvásek je v majetku autora práce již několik let, byl získán darem od místního pekaře. Časem byla nabita zkušenost starání se o kvásek pro kvalitní fermentaci.

### 6.1.7 Sůl

Pro výrobu chleba byla použita himalájská sůl značky AWA SUPERFOODS. Tato sůl je na obale definovaná jako přírodní, jemně mletá a růžová.

Složení: NaCl, stopové množství železa, manganu, vápníku

Hmotnost balení: 1000 g

Země původu: Pakistán

### 6.1.8 Med

Doplnění receptury o sacharidy je vhodné pro podporu procesu fermentace. Do těsta proto byl přidán med značky MEDOKOMERC s.r.o.

Složení: Obsah cukru je 81,7 g/100 g výrobku

Hmotnost balení: 500 g

Země původu: ČR

### 6.1.9 Kmín

Pro zachování jemnosti struktury střídky byl použit drcený kmín značky Vitana.

Složení: kmín drcený 100 %

Šarže: L2108311

Hmotnost balení: 28 g

Země původu: Asie

## 6.2 Receptura

### 6.2.1 Vývoj receptury

Cílem bylo nahradit část pšeničné a žitné mouky některou z netradičních mouk. Nejprve bylo experimentem vyzkoušeno nahrazení 20 % a 40 % cizrnovou moukou původního receptu, podle kterého je autorem diplomové práce a rodinnými příslušníky pečeno již několik let. Bohužel notifikace těsta pro kváskový chléb se nepodařila, chléb byl po upečení sedlý, střídka hutná, lepivá, mokrá bez nadýchanosti. Použití nepšeničné mouky mohlo narušit lepkovou síť, což mělo za následek oslabené těsto a zhoršení kvality chleba. V důsledku těchto omezení byla příměs jiných mouk snížena pod 40 %.



Obrázek 7 - Nepovedený chléb s příměsí 40 % cizrnové mouky (autor práce)

V dalším pokusu bylo nahrazeno 10 % a 30 % pšeničné mouky za prášek z fazolí. Těsto s příměsí 10 % se zpracovalo standartně. Vyhnětené těsto s 30 % se vůbec nelepilo, mělo jiné funkční vlastnosti než pšeničnožitné těsto a obtížně se s ním pracovalo. Těsto bylo velmi řídké, pravděpodobná příčina byla ve snížení obsahu lepku v těstě. V této fázi bylo postupně přidáno ještě 30 g pšeničné mouky.



Obrázek 8 - Nepovedený chléb s příměsí 30 % fazolové mouky (autor práce)



Po dalším hnětení, které trvalo cca 6 minut se těsto nalepilo na hák, ale práce s ním byla komplikovaná. Chléb byl upečen, ale střídka chleba byla též sedlá a lepkavá jako u chleba s příměsí 40 % cizrnové mouky.

Chléb s 10 % fazolové mouky řádně vykynul, ale neprošel základním sensorickým hodnocením. Na první pohled byly neuspokojivé vlastnosti kůrky (spálená, místy velmi tmavá, nestejnorodá, tvrdá, matná). Vůně chleba byla se znatelnými pachy, neurčitá, mírně zatuchlá a velmi netypická. Chuťové hodnocení bylo uspokojivé, ale ne dobré. Chléb měl mírně netypickou pachut' a netypickou chlebovou příchut'.



Obrázek 9 - Nepovedený chléb s příměsí 10 % fazolové mouky (autor práce)

Jako další byl zkoušen 5% a 15% podíl mouky z červené čočky. Oba chleby měly kladné sensorické hodnocení kůrky i střídky, vzhled byl dle očekávání. Pouhých přidaných 5 % nebylo v chlebu znatelných ani na vzhledu, ani po chuťové stránce. Procentní podíl luštěninové mouky byl tedy navýšen na 10 % a 20 %.



Obrázek 10 - Rozdíly mezi chleby vlivem potření vodou (autor práce)

Ze začátku stanovení receptury měl chléb matný vzhled, až poté byla nabita informace z knihy „Upečeno s láskou: kváskový chléb a pečivo“ z roku 2019, že je vhodné ještě teplý chléb potřít vodou (může být i voda s rozpuštěnou solí). Na obrázku 10 můžeme vidět rozdíly vzhledu kůrky s nebo bez potřetí vodou. Další série pokusů byla provedena s hrachovou moukou s již zkoušenými procenty příměsí jako u mouky čočkové. S těstem této receptury se náležitě pracovalo, chléb byl po upečení nadýchaný, pravidelně pórovitý a vůni měl charakteristicky chlebovou s nádechem zeleného hrachu.

### 6.2.2 Aplikovaná receptura

Pro experiment bylo napečeno pět různých druhů vzorků kváskového chleba, každý typ byl upečen ve 3 šaržích. Dohromady tedy bylo upečeno 15 chlebů pro finální analýzy.

#### Označení vzorků:

- F50 – kváskový chléb bez přídavku luštěninové mouky
- C10 – kváskový chléb s příměsí 10 % hrachové mouky
- S20 – kváskový chléb s příměsí 20 % hrachové mouky
- K10 – kváskový chléb s příměsí 10 % mouky z červené čočky
- A20 – kváskový chléb s příměsí 20 % mouky z červené čočky

Po sériích pečících pokusů byla vyhodnocena velikost bochníku o 450 g vsádkové mouky jako vhodná pro experiment. Bylo tak zvoleno nejen pro velikost, ale i snadné rozpočítání receptury a zároveň dostatečnou velikost, aby materiál stačil pro všechny analýzy.

Tabulka 5 - Receptura surovin s příměsí hrachové mouky

Vzorek	F50	C10	S20
<b>Pšeničná mouka</b>	350 g	315 g	280 g
<b>Žitná mouka</b>	100 g	90 g	80 g
<b>Hrachová mouka</b>	-	45 g	90 g
<b>Voda</b>	280 g	280	280 g
<b>Kvásek</b>	130 g	130 g	130 g
<b>Sůl</b>	5 g	5 g	5 g
<b>Med</b>	10 g	10 g	10 g
<b>Kmín</b>	3 g	3 g	3 g

Tabulka 6 - Receptura surovin s příměsí mouky z červené čočky

Vzorek	F50	K10	A20
Pšeničná mouka	350 g	315 g	280 g
Žitná mouka	100 g	90 g	80 g
Čočková mouka	-	45 g	90 g
Voda	280 g	280 g	280 g
Kvásek	130 g	130 g	130 g
Sůl	5 g	5 g	5 g
Med	10 g	10 g	10 g
Kmín	3 g	3 g	3 g

### 6.3 Metodika

Technologický postup výroby vzorků chleba různých receptur byl totožný a byly použité stejné pomůcky i přístroje.

#### 6.3.1 Pomůcky, přístroje a chemikálie

##### Technologie výroby

- Parní pečicí trouba Bosch typu HSG656XS1
- Hnětací robot značky Kenwood typu kMix
- Kuchyňská váha značky Concept
- Plechy s pečicím papírem
- Nerezové mísy
- Navažovací pomůcky

##### Stanovení dusíkatých látek podle Kjeldahla

- mineralizátor Bloc digest 12
- destilační přístroj Behr
- Analytické váhy
- kyselina sírová
- hydroxid sodný 30 %
- indikátor Tashiro
- kyselina boritá 2 %
- peroxid vodíku

- laboratorní nádobí
- destilovaná voda
- katalyzátor ( $\text{Na}_2\text{SO}_4:\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$ ; 10:1)

### Stanovení aminokyselin

- Kyselina chlorovodíková
- Termoblok
- Analytické váhy
- Rotační vakuové odparky
- Filtrační aparatura
- Peroxid vodíku 30 %
- Kyseliny mravenčí 85 %
- Redestilovaná voda
- Analyzátor aminokyselin AAA 400

### Senzorická analýza

- Prkénko
- Keramické bílé talíře
- Nůž

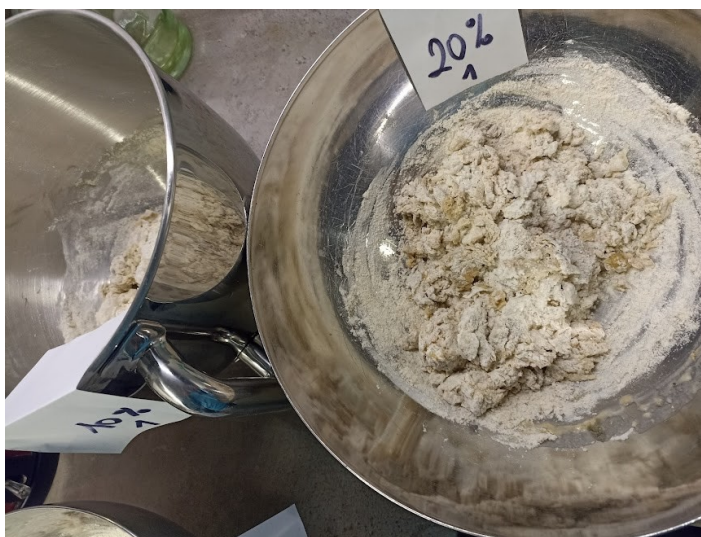
### 6.3.2 Technologický postup výroby

Nejdříve byl vytažen uschovaný kvásek z minulého pečení z lednice nejlépe 8 hodin před zaděláním rozkvasu. Je to důležitý krok pro zaktivování mikroorganismů díky zvýšené teplotě. Po ohřátí kvásku na pokojovou teplotu  $21 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$  se přidalo 150 g žitné mouky a 150 g vlažné vody, směs byla jemně zamíchána a nechána na místě o teplotě  $21 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$  po dobu 8-12 hodin. Tento krok je nazýván rozkvas.

Po rozkvašení kvásku je zapotřebí oddělit jeho část o zhruba 50 g na příští pečení. Vhodné je uschovat ho do sklenice s víčkem a vložit do lednice. O tento schovaný kvásek je zapotřebí se starat. Tento krok není potřeba při pečení několikrát do týdne, ale při pauze v pečení je vhodné kvásek 2x týdně takzvaně nakrmit. Při krmení kvásku se sklenice vyndala z lednice, přidala se čajová lžice žitné mouky a stejný objem vlažné vody. Obsah byl jemně zamíchán a nechán 1 hodinu v pokojové teplotě  $21 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$  pro namnožení kváskové mikroflóry. Poté byl vrácen do lednice na příští zadělání chlebového těsta.

Do nerezové mísy byla s přesností na gramy navážena pšeničná a žitná mouka dle receptury, přidal se celý objem rozkvasu, sůl, drcený kmín a med. Mouka byla přesáta přes síto z důvodu provzdušnění mouky, zadržovaný vzduch je důležitý pro fermentaci kvasinek. Obsah byl zamíchán a po částech bylo přiléváno 280 ml vlažné vody. Směs se nahrubo

zamíchala a nechala se 15 minut odpočinout, během tohoto procesu se voda naváže na sypké suroviny.



Obrázek 11 - Navážené odležené suroviny připravené ke hnětení (autor práce)

Poté se vložil základ těsta do kuchyňského robotu značky Kenwood s nasazeným hnětacím hákem. Robot se spustil na střední rychlost na cca 10 minut, dokud se vzniklé těsto nenalepilo na hnětací hák. Těsto se mokřýma rukama stáhlo z háku, jemně se zpracovalo do tvaru bochníku a bylo vloženo na dno mísy jemně vytřenou řepkovým olejem, aby se těsto nepřilepilo. Takto zpracované těsto bylo připraveno pro jeho kynutí.



Obrázek 12 - Hnětací hák kuchyňského robotu mísící chlebové těsto (autor práce)

Aby bylo docíleno stejných podmínek pro vykynutí těst pro všechny šarže, byl využit program v troubě Bosch s názvem „Kynutí chlebového těsta“. Ten využívá horkou páru pro kvalitnější kynutí a stálou teplotu 30 °C v celém prostoru trouby, tento program byl spuštěn

na 90 minut. Každých 15 minut (tedy celkem 6x) byla otevřena trouba a těsto se několikrát vytáhlo a přeložilo, poté jemně vytvarovalo a vložilo zpátky do trouby. Pro ověření správného vykynutí byl proveden tzv. „prstový test“, jedním prstem bylo těsto mírně stlačeno, tvar se pomalu vrátil do své původní formy. Kdyby v těstě zůstal dolík od prstu, těstě by ještě nebylo řádně vykynuté, nebo naopak již překynuté.

Když bylo těsto vyzrálé a uplynula doba kynutí tak se vytvaroval požadovaný tvar bochníku. Vložil se do připravené mísy vysypané kukuřičným škrobem. Mísa se v tomto případě použila místo možné ošatky, protože v domácích podmínkách nebyla možnost tolika ošatek. Mísa byla vysypána kukuřičným škrobem, aby se hmota nepřilepila a chléb byl lehce vyklepnut před vlastním pečením. Takto připravený bochník byl opět vložen do trouby na program „Kynutí pšenično-žitný chléb“ po dobu 120 minut. Program je přednastavený na 37 °C a pouští do trouby horkou páru, ta má vliv na vláčnost těsta a průběh kynutí. Tato forma kynutí bochníku byla zvolena pro shodné podmínky technologického postupu u všech šarží. Bylo možno dát bochníky kynout do lednice zhruba na 12 hodin, před samotným experimentem byla tato forma vyzkoušena při testování postupu a receptury. Jak z časových, tak technologických důvodů se tato metoda kynutí v lednici neosvědčila.



Obrázek 13 - Připravený chléb na plechu pro fázi pečení (autor práce)

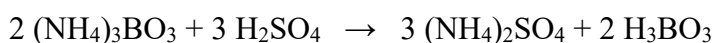
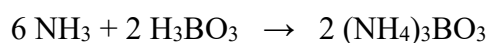
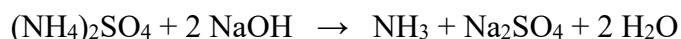
Vykynuté bochníky byly vyklopeny z mísy na plech s pečícím papírem, těsto se porušilo nářezem nebo propíchnutím, aby chléb vlivem vysoké teploty nepraskl. Nářez je důležitý v důvodů vzniku plynů při fermentaci a jejich vypuzení z těsta. Kdyby nebyl chléb nářeznut, mohl by prasknout na nežádáných místech, například po obvodu. Takto nachystané chleby byly vloženy do předehřáté parní trouby značky Bosch. Tato trouba má funkci výběru

programu na pečení chleba. Z praktické zkušenosti byl vybrán program s názvem „pšenično-žitný chléb na plech“. Tento program využívá horký vzduch s párou. Program je přednastaven a chléb byl pečen nejdříve 15 minut na 220 °C a poté se sama teplota snížila na 180 °C po dobu 25 minut. Zvolení nejdříve vyšší teploty v troubě urychluje fermentaci. V tuto chvíli byl chléb propečen s akurátní barvou kůrky. Povrchové hnědnutí kůrky je způsobeno neenzymatickým hnědnutím včetně Maillardovy reakce, která je důležitým ukazatelem. Po ukončení pečení bylo potřeba chléb ihned vyndat z trouby a položit na mřížku, aby se zespoda nezapařil. Ještě teplý chléb byl potřen studenou vodou pro vláčnost kůrky. Chléb se nechal volně vychladnout a finální výrobek byl tak hotový.

### 6.3.3 Stanovení dusíkatých látek

Stanovení obsahu bílkovin bylo provedeno způsobem podle Kjeldahla. Principem je převedení organických látek dusíkaté báze na síran amonný. V této metodě se stanovují dusíkaté látky a poté jsou přepočteny koeficientem na hrubé bílkoviny. Vzorky kváskového chleba byly vytaženy z mrazáku s dostatečnou časovou rezervou určenou na volné rozmrznutí. Poté bylo naváženo přibližně 0,25 g vzorku do mineralizační zkumavky s přesností vážení na 0,1 mg. Základní princip metody je mineralizace vzorku mokřím způsobem (zařízení Bloc digest 12) koncentrovanou kyselinou sírovou (10 ml) za použití katalyzátoru ( $\text{Na}_2\text{SO}_4:\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$ ; 10:1). Po přidání 0,5 ml peroxidu vodíku byly přichystané vzorky vloženy do mineralizátoru, kde byla navolena teplota 400 °C a čas 60 minut (doba je odečítána až po dosažení teploty). Následkem varu v přístroji se organické dusíkaté látky změny na anorganický vázaný dusík.

Po vypršení času byl mineralizát zředěn destilovanou vodou, 10 ml tohoto roztoku bylo napipetováno do zkumavky. Do titrační baňky bylo napipetováno 50 ml 2% kyseliny borité, do destilačního přístroje Behr byl nasát 30% hydroxid sodný. Vše se vložilo do přístroje a destilace byla spuštěna. Vzniklý boritan amonný je po vychladnutí titrován na indikátor Tashiro kyselinou sírovou o koncentraci 0,025 mol/l. Titrováno je do získání zeleného zbarvení.



Ze spotřeby odměrného roztoku byl přepočten obsah celkového dusíku. Přepočtem vynásobením koeficientem 6,25 a byl zjištěn obsah hrubých bílkovin v analyzovaném vzorku.

Výpočet obsahu hrubých bílkovin v %:

$$x = \frac{b \cdot 10^{-3} \cdot c \cdot M_n \cdot f_z \cdot f_t \cdot f_{př} \cdot 100}{n}$$

Legenda:      b.....spotřeba odměrného roztoku H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> při titraci v ml  
                  c.....koncentrace H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> v mol/l (0,022148 mol/l)  
                  M<sub>n</sub>.....molární hmotnost dusíku v g/mol (14,01 g/mol)  
                  f<sub>z</sub>.....zředovací faktor (2,5)  
                  f<sub>t</sub>.....titrační faktor (2)  
                  f<sub>př</sub>.....přepočítávací faktor (6,25)  
                  n.....navážka zmineralizovaného vzorku v g

#### 6.3.4 Stanovení aminokyselin

Skladba aminokyselin ve vzorcích byla stanovena pomocí kyselé hydrolyzy. Vzorek chleba byl navážen v množství 0,1 g na vahách, byl převeden do vialky za přidání 15 ml (6 mol/l) HCl. Pomocí argonu byl vytlačen kyslík a takto připravené vzorky se vložily do termobloku na 23 hodin za teploty 115 ± 2 °C. Po uplynuté době se vialky nechaly řádně vychladnout. Vzorek byl přefiltrován do baňky pomocí 0,1 mol/l HCl. Odpařovací baňka se vzorkem byla vložena do rotační vakuové odparky, kde se vzorek zahustil do viskózní konzistence při 50 °C. Odpařený vzorek byl rozpuštěn v redestilované vodě a odpařování se opakovalo až do sirupové konzistence. Finální odparek byl kvantitativně převeden pomocí pufru do odměrné baňky o 25 ml. Po promíchání byl obsah zfiltrován přes mikrofiltr (porozita 0,45 μm) do eppendorfových zkumavek. Takto připravený čirý vzorek byl vložen do analyzátoru aminokyselin s označením AAA 400.

Při kyselé hydrolyze dochází u sirných AMK (cystein a methionin) k degradaci. V tomto případě byla zhotovena oxidativně kyselá hydrolyza za vzniku methioninsulfonu a kyseliny cysteové. Byl navážen 1 g vzorku, přidalo se 15 ml roztoku 85% kyseliny mravenčí a 30% peroxidu vodíku v poměru 9:1. Po odležení 16 hodin v lednici při 6 ± 1 °C byl ke vzorku napipetován 1 ml konc. HCl a 50 ml HCl o koncentraci 6 mol/l. Kyselá hydrolyza takto připraveného vzorku probíhala při teplotě 118 ± 2 °C v olejové lázni po dobu 23 hodin.



Pomocí HCl (0,1 mol/l) byl vzorek přefiltrován přes papír do odměrné baňky (250 ml). Po temperaci vzorku byla doplněna 0,1 M HCl po rysku baňky. Baňky se vzorkem se nechaly odstát 16 hodin při teplotě  $6 \pm 2$  °C. Po uplynuté době se vzorky vložily do rotační vakuové odparky a za teploty 50 °C se nechalo odpařit 25 ml filtrátu. Odparek byl zředěn redestilovanou vodou a znovu odpařován do sirupové konzistence vzorku. Pomocí pufru byl odparek převeden do odměrné baňky a přes mikrofiltr přefiltrován do eppendorfových zkumavek s následnou analýzou na přístroji AAA 400.

Po provedení hydrolyzy byla stanovena skladba AMK iontovou výměnou kapalinové chromatografie. Spektrofotometrická detekce byla provedena na přístroji AAA 400, což je automatický analyzátor AMK. Z esenciálních aminokyselin byly analyzovány: threonin (Thr), valin (Val), isoleucin (Ile), leucin (Leu), fenylalanin (Phe), lysin (Lys) a methionin (Met). Ze semiesenciálních AMK byly stanoveny: histidin (His) a arginin (Arg). Mezi neesenciální AMK patří: kyselina asparagová (Asp), serin (Ser), kyselina glutamová (Glu), prolin (Pro), glycin (Gly), alanin (Ala), tyrosin (Tyr) a cystein (Cys). Stanovené aminokyseliny jsou formulovány v jednotkách g/kg.

### 6.3.5 Senzorická analýza

Senzorickou analýzou je myšleno hodnocení vzorků potravin lidskými vjemy, součástí je také zpracování vjemů nervovou soustavou člověka. Senzorické hodnocení by mělo probíhat za objektivních podmínek pro přesné měření. Z důvodů pandemické situace v roce 2021 bylo osloveno 40 laických respondentů pro každý typ kváskového chleba, tj. 40 lidí pro chléb s přídavkem hrachové mouky a 40 stejných respondentů pro chléb s moukou z červené čočky. Dotazované osoby jsou běžnými konzumenty a nemají zkušenosti s odborným hodnocením potravin. Podmínky pro hodnocení byli v rámci možností přizpůsobeny prostředí odborného posuzování, kdy se odstranily rušivé elementy pro objektivní výsledky. Osloveni byli respondenti různého věku i pohlaví.

V dotazníkú byli použity různé typy zkoušek – párová zkouška, preferenční zkouška nebo pořadová zkouška vzorku. Sledovanými aspekty byl vzhled kůrky, textura střídky, analýza vůně a chuti. Byl dotazován i test oblíbenosti, tedy jestli by si konzument zakoupil chléb s přídavkem luštěninových mouk a důvod zakoupení.

Vzorky byly analyzovány v den výroby po úplném vychladnutí a den po upečení. Z chleba byl odříznut kus pro ostatní chemické analýzy, zbytek bochníku byl rozkrájen bezprostředně

před sensorickým hodnocením. Jednotlivé vzorky se nacházely na čistě bílém keramickém talíři označeným kódem vzorku.



Obrázek 14 - Vzorky kváskového chleba pro sensorickou analýzu (autor práce)

První hodnocení vzorků s přidavkem hrachové mouky probíhalo dne 30.10.2021 v odpoledních hodinách a po celou dobu druhého dne. Vzorky s příměsí mouky z červené čočky se hodnotily dne 4.12.2021 v odpoledních hodinách a druhý den v dopoledních hodinách. Každé analýzy se zúčastnilo 40 totožných respondentů. Před samotným hodnocením byli všichni posuzovatelé řádně proškoleni o postupu při neodborné sensorické analýze. V místě hodnocení byla přítomna osoba, která kontrolovala klidný průběh, popřípadě zodpovídala dotazy. Pro neutralizaci vjemů byla mezi vzorky podávána pitná nesyčená voda. Respondentům byl dán dostatek času pro provedení analýzy a vyplnění dotazníku (jeho vzor viz. příloha P I), který byl s předstihem řádně vysvětlen.

## 7 VÝSLEDKY MĚŘENÍ A DISKUZE

V oddílu výsledků experimentu byly vzorky rozčleněny do tří sekcí – výsledky stanovení dusíkatých látek, obsažených aminokyselin a sensorické analýzy. Naměřené výsledky byly vyhodnoceny, statisticky zkoumány s výpočtem směrodatné odchylky a náležitě prodiskutovány.

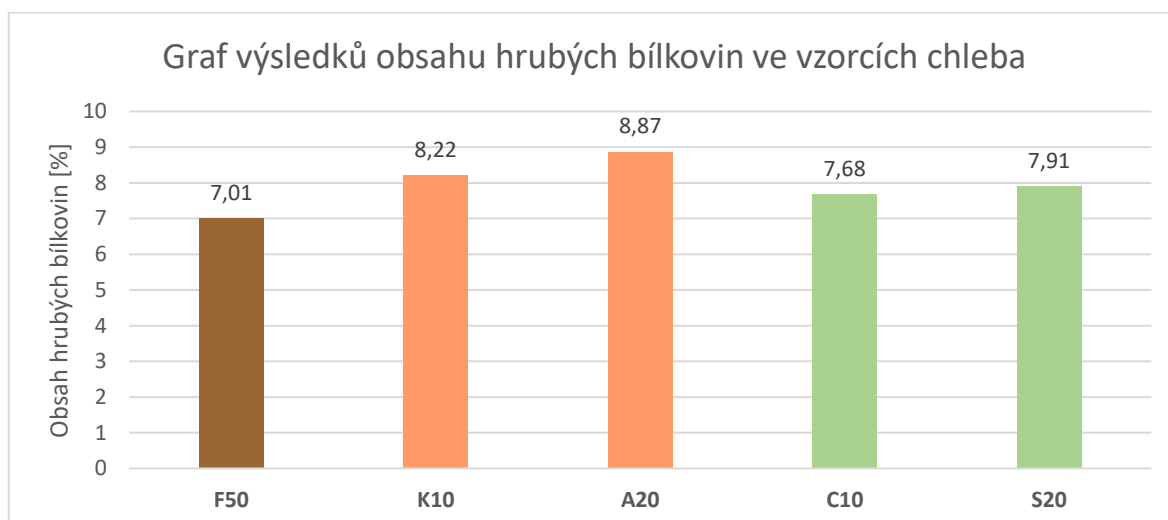
### Označení vzorků:

- F50 – kváskový chléb bez přídavku luštěninové mouky
- C10 – kváskový chléb s příměsí 10 % hrachové mouky
- S20 – kváskový chléb s příměsí 20 % hrachové mouky
- K10 – kváskový chléb s příměsí 10 % mouky z červené čočky
- A20 – kváskový chléb s příměsí 20 % mouky z červené čočky

### 7.1 Výsledky stanovení dusíkatých látek

Každý typ chleba byl vyroben ve 3 dávkách, z každé dávky byla vyhotovena 2 měření s totožnou navázkou. Vzorky byly stanoveny referenční metodou podle Kjeldahla a přepočítány dle vzorce v kapitole 6.3.3.

Grafické zobrazení na obrázku 15 uvádí porovnání hodnot bílkovin všech typů chlebů. Pro lepší orientaci byl chléb F50 s 0 % přidané luštěninové mouky (branný jako standart) označen hnědou barvou. Vzorky s přídavkem mouky z červené čočky byly označeny oranžovou barvou a vzorky s příměsí hrachové mouky mají zelenou barvu.



Obrázek 15 - Grafické znázornění výsledků hrubých bílkovin

Tabulka 7 - Výsledky obsahu hrubých bílkovin ve vzorcích chleba

Typ chleba	Dávka	Obsah celkového dusíku [mg/g]	Obsah hrubých bílkovin [%]	Směrodatná odchylka navážek [%]	Průměr hrubých bílkovin [%]
<b>F50</b> 0 % netradiční mouky	1	11,8968	7,44	± 0,36	<b>7,01 ± 0,15</b>
		11,0819	6,93		
	2	11,0288	6,89	± 0,08	
		10,8674	6,79		
	3	11,0466	6,90	± 0,15	
		11,3797	7,11		
<b>K10</b> 10 % mouka z červené čočky	1	13,8017	8,63	± 0,58	<b>8,22 ± 0,24</b>
		12,4925	7,81		
	2	13,2798	8,30	± 0,12	
		13,0099	8,13		
	3	13,4178	8,39	± 0,24	
		12,8745	8,05		
<b>A20</b> 20 % mouka z červené čočky	1	11,5516	7,22	± 1,44	<b>8,87 ± 0,64</b>
		14,8097	9,26		
	2	14,8263	9,27	± 0,34	
		15,5912	9,74		
	3	14,5625	9,10	± 0,32	
		13,8344	8,65		
<b>C10</b> 10 % hrachová mouka	1	12,1287	7,58	± 0,25	<b>7,68 ± 0,12</b>
		12,6903	7,93		
	2	12,1226	7,58	± 0,03	
		12,1795	7,61		
	3	12,5325	7,83	± 0,22	
		12,0290	7,52		
<b>S20</b> 20 % hrachová mouka	1	12,6811	7,93	± 0,10	<b>7,91 ± 0,03</b>
		12,4566	7,79		
	2	12,7932	8,00	± 0,05	
		12,6769	7,92		
	3	12,5935	7,87	± 0,05	
		12,7085	7,94		

Stanovený obsah hrubých bílkovin (tabulka 7) s náhradou části mouky za luštěninový prášek se zvyšoval. Kváskový chléb bez přídavku luštěninové mouky měl výsledek hrubých bílkovin  $7,01 \pm 0,15$  %. Tento výsledek koresponduje se studií Rizzello et al. (2014),

kde bylo stanoveno  $7,15 \pm 0,20$  % hrubých bílkovin ve vzorku kváskového chleba pouze z pšeničné mouky. Ve vzorku C10 bylo stanoveno  $7,68 \pm 0,12$  % bílkovin, je tedy patrné, že náhradou 10 % hrachové mouky bylo navýšeno pouze o zhruba 0,67 % bílkovin. Ve studii Gallo et al. (2022), která pojednává o nahrazení 10 % a 20 % surovin čočkovou moukou (čočka zelená), bylo stanoveno pouze o 0,6 % bílkovin více než ve standardu v případě nahrazení 10 % luštěninovou moukou, tento zdroj se shoduje s námi stanovenými výsledky. V případě 20 % nahrazení mouky se ve studii uvádí výsledek zvýšení o 2,73 % proti standardu, v diplomové práci bylo stanoveno zvýšení 1,86 % pro vzorek A20 s moukou z červené čočky.

Studie Xing et al. (2021) fortifikující kváskový chléb o frakce cizrnové mouky ve 20% podílu zveřejnila výsledky zvýšení obsahu bílkovin o 3,1 % oproti jejich standardu chleba pšeničného bez přídavku. Ve srovnání vzorku S20 a standardu je podíl navýšen pouze o 0,9 % bílkovin. Výsledky experimentů jsou rozdílné z důvodu odlišné metodiky a použitých surovin. Studie stanovovala dusík pomocí Dumasovy metody a pro přepočítání na hrubé bílkoviny byl použit faktor 5,71; zatímco v diplomové práci byl použit koeficient 6,25.

Výsledky studie Millar et al. (2019) zveřejňují zvýšení bílkovin až o 2 % ve vzorku chleba s 20 % mouky ze žlutého hrachu, což je mnohem více než u vzorku S20. Z prodiskutovaných výsledků vyplývá, že příměs mouky z červené čočky obohatil chléb o větší procento bílkovin než vzorky s hrachovou moukou.

## 7.2 Výsledky analýzy aminokyselin

V tabulce 8 jsou zapsány výsledky analýzy stanovení skladby aminokyselin. Výsledek je stanoven v jednotkách g/kg potraviny a jsou zde vypočítány směrodatné odchylky k jednotlivým finálním číslům. Obsah aminokyselin lineárně roste s přídavkem luštěninových mouk.

V porovnání s prací Rizzello et al. (2014), která pojednává o zvýšení nutriční hodnoty kváskového chleba fortifikovaného moukou z luštěnin (cizrna, čočka a fazole), se výsledky pohybují okolo našich analýz, vyjma výsledků kyseliny asparagové.

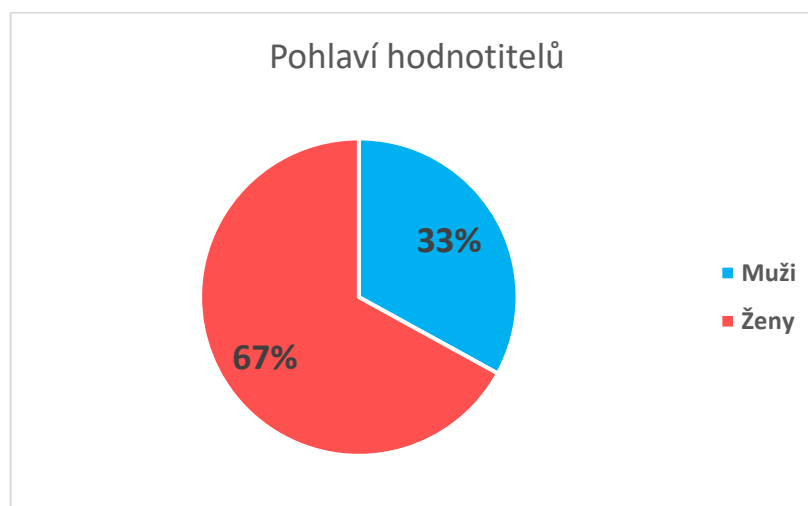
Tabulka 8 - Výsledky obsažených aminokyselin v jednotkách g/kg

AMK	Vzorek				
	F50	C10 (10 % hrách)	S20 (20 % hrách)	K10 (10 % čočka)	A20 (20 % čočka)
Asp	2,66 ± 0,08	3,58 ± 0,10	4,30 ± 0,12	3,69 ± 0,11	4,53 ± 0,20
Thr	1,65 ± 0,07	1,86 ± 0,09	1,94 ± 0,08	1,80 ± 0,08	2,07 ± 0,09
Ser	2,75 ± 0,11	2,92 ± 0,15	3,08 ± 0,11	2,66 ± 0,12	3,38 ± 0,16
Glu	23,33 ± 0,98	25,06 ± 1,02	28,49 ± 1,03	24,79 ± 1,00	28,32 ± 1,01
Pro	6,74 ± 0,30	6,80 ± 0,27	6,93 ± 0,31	6,89 ± 0,25	7,03 ± 0,24
Gly	2,26 ± 0,06	2,52 ± 0,09	2,75 ± 0,10	2,34 ± 0,07	2,97 ± 0,11
Ala	1,98 ± 0,07	2,24 ± 0,10	2,54 ± 0,09	2,23 ± 0,08	3,03 ± 0,13
Val	2,61 ± 0,09	2,81 ± 0,12	3,10 ± 0,13	2,78 ± 0,11	3,13 ± 0,12
Ile	2,32 ± 0,11	2,64 ± 0,10	2,93 ± 0,11	2,42 ± 0,09	2,66 ± 0,09
Leu	4,15 ± 0,17	4,60 ± 0,20	5,02 ± 0,21	4,52 ± 0,19	5,31 ± 0,22
Tyr	1,21 ± 0,05	1,34 ± 0,06	1,49 ± 0,07	1,30 ± 0,05	1,39 ± 0,05
Phe	2,98 ± 0,14	3,15 ± 0,10	3,40 ± 0,12	3,31 ± 0,11	3,67 ± 0,13
His	1,25 ± 0,05	1,37 ± 0,07	1,45 ± 0,08	1,32 ± 0,06	1,40 ± 0,07
Lys	2,08 ± 0,03	2,44 ± 0,04	3,07 ± 0,05	2,77 ± 0,04	3,04 ± 0,06
Arg	2,29 ± 0,10	2,58 ± 0,13	3,38 ± 0,15	2,87 ± 0,14	3,41 ± 0,16
Cys	3,62 ± 0,09	3,71 ± 0,10	3,91 ± 0,12	3,69 ± 0,09	3,75 ± 0,08
Met	2,24 ± 0,07	2,35 ± 0,06	2,48 ± 0,07	2,38 ± 0,06	2,50 ± 0,07

Výrazný nárůst o zhruba 1 g/kg potraviny měl lysin. Proteiny z luštěnin jsou bohaté na lysin a mají nedostatek sirných AMK, zatímco bílkoviny z obilovin mají nedostatek lysinu, ale mají adekvátní hladiny sirných aminokyselin. Díky tomuto faktu je velmi přínosné obohatit kváskový chléb o mouky z luštěnin z důvodu doplnění esenciálních AMK. Proto kombinace pšenice (žitných) a luštěninových mouk poskytuje optimální rovnováhu esenciálních aminokyselin ve stravě. Studie také zaznamenala nárůst především kyseliny glutamové, alaninu a argininu korespondující s našimi výsledky. Ve studii Mohammed et al. (2014) výzkumníci připisovali změnu barvy pečiva s přidáním luštěninového prášku právě zvýšenému množství lysinu, protože tato aminokyselina je nejaktivnější esenciální AMK reagující s cukrem při Maillardově reakci.

### 7.3 Výsledky sensorického hodnocení

Přichystané vzorky byly prezentovány anonymně při pokojové teplotě  $21 \pm 1$  °C. Sensorické analýzy se zúčastnilo 40 totožných respondentů, z toho 27 žen a pouze 13 mužů. Všichni hodnotitelé uvedli svůj zdravotní stav jako dobrý. Výsledná data z dotazníků sensorické analýzy byla zpracována v programu Microsoft Office Excel 2016 a jsou formulována grafickým způsobem a popisem.



Obrázek 16 - Zastoupení hodnotitelů dle pohlaví

Respondenti nejdříve hodnotili vzhled kůrky testem bodovým způsobem, škála měla 4 stupně a každý bod byl jasně definován. Bod 1 znamenal vynikající. Škála sestupně klesala až k bodu 4, který popisoval neuspokojivý vzhled. Vyhodnocení bylo provedeno průměrem

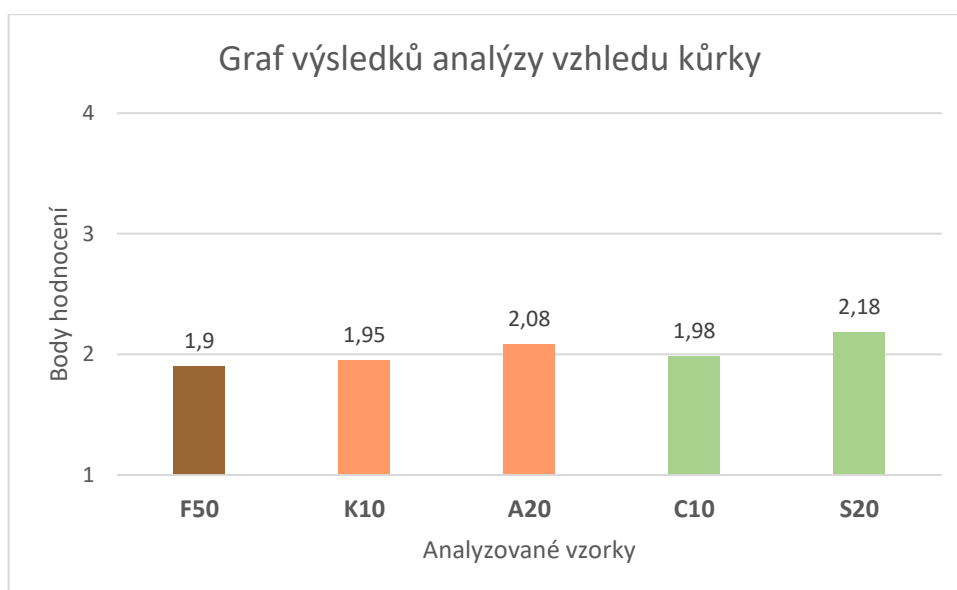
sečtení všech bodů ke každému vzorku. Chléb hodnocen nejlépe má tedy v grafu nejvyšší průměr bodů.

Bodové ohodnocení vzorků: 1 – vynikající  
2 – dobrý  
3 – uspokojivý  
4 – neuspokojivý

Pro rychlejší orientaci v grafu byl chléb bez přísady luštěninové mouky, který je branný jako standart, označen hnědou barvou. Vzorky s přísadou mouky z červené čočky jsou označeny oranžovou barvou a sloupce vzorků s přísadou hrachové mouky mají zelenou barvu.

Z grafu na obrázku 17 je patrné, že vzhled kůrky kváskového chleba se lišil pouze nepatrně. S hodnotou průměru bodu 1,90 byla hodnocena kůrka chleba F50 bez přísady luštěninové mouky. Všechny vzorky byly hodnoceny okolo bodu 2. Dva body vyjadřovaly kůrku s hodnocením dobrá – křupavá, dobře propečená, nerovnoměrně hnědá barva kůrky.

Dále byli posuzovatelé dotazováni na preferenci vlastnosti kůrky, vždy byl výběr ze dvou možností. Hodnotitelé si měli vybrat například mezi světle a tmavě zbarvenou kůrkou, 93 % preferovalo tmavě hnědou kůrku. Ze 70 % si respondenti vybrali křupavou kůrku a 30 % posuzovatelů si zvolilo raději vláčnou kůrku. Výsledky míry propečení kůrky byly jednoznačné, všech 40 respondentů zvolilo více propečenou kůrku.



Obrázek 17 - Grafické znázornění hodnocení kůrky

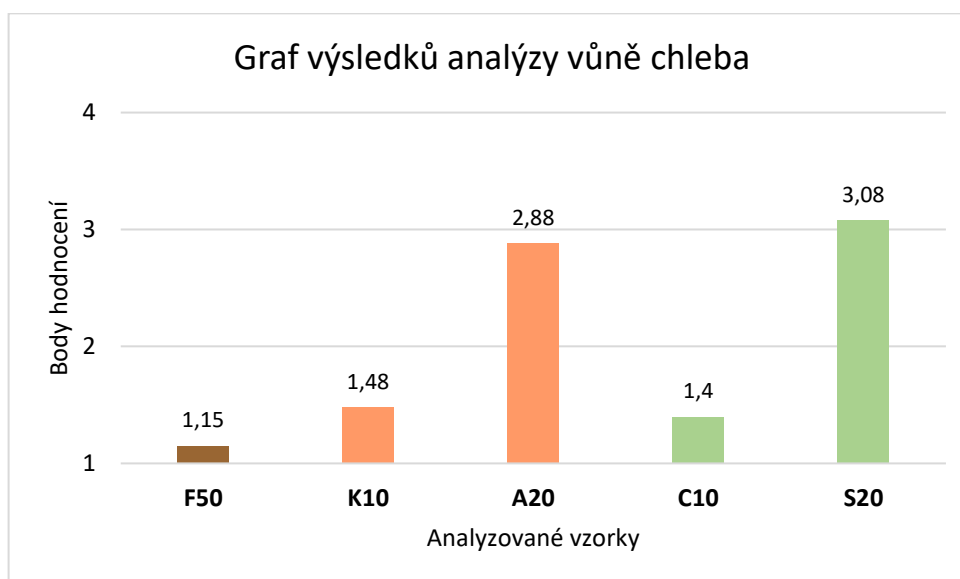


Výrazný vliv na vzhled kůrky v případě vzorků s hrachovou moukou měla barva samotné mouky, ta je totiž světle zelená. Jak můžeme vidět na obrázku 17, chléb F50 bez příměsí je béžové barvy, se zvyšující se koncentrací mouky z hrachu se barva těsta ztmavuje.



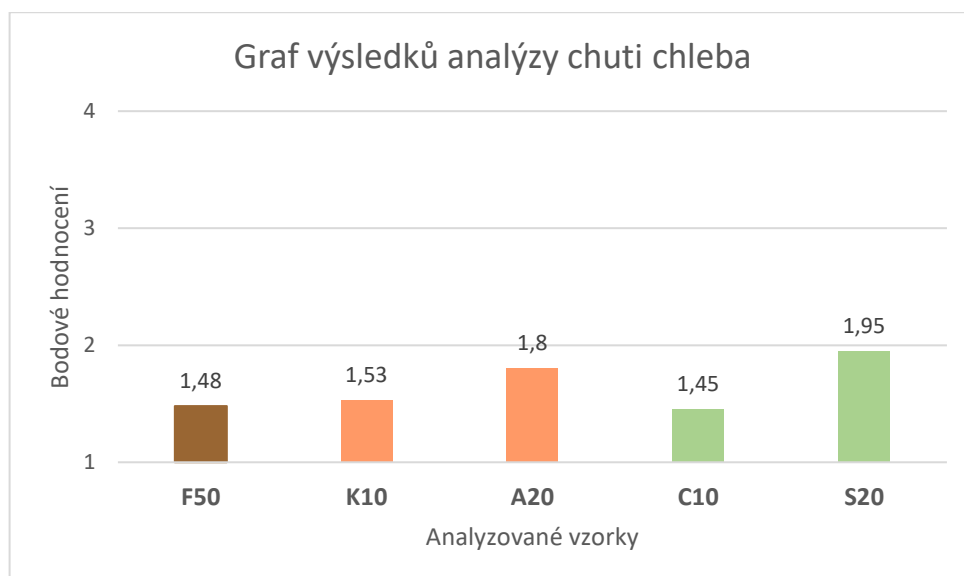
Obrázek 18 - Chleby s hrachovou moukou připraveny k pečení

Dalším hodnotícím aspektem byla textura střídky, tato analýza dopadla podobně jako u hodnocení kůrky chleba. Průměrem byl zvolen bod 2, který popisoval texturu střídky jako dobrou kyprou, méně pružnou, pórovitou, méně vláčnou a homogenní. Studie Rizzello et al. (2014) porovnávala rozdíly mezi chleby (s luštěninovými moukami) kypřenými droždím nebo kváskem. Výsledky poukázaly, že vliv kváskové fermentace má pozitivní vliv na senzoričké hodnocení chlebů, především na texturu střídky.



Obrázek 19 - Grafické znázornění analýzy vůně chleba

Zajímavé výsledky přinesla analýza vůně kváskového chleba. Z grafu na obrázku 19 lze vidět rozdíly mezi jednotlivými vzorky. Nejlépe hodnocenou vůni měl chléb F50 bez přídavku luštěninové mouky. Průměrné hodnocení vzorku F50 bylo 1,15; bodový výsledek je tedy vynikající – příjemná vůně, typicky chlebová, charakteristická bez cizích pachů. Kváskové chleby s příměsí 10 % luštěninových mouk dopadly velmi podobně s hodnocením okolo bodu 1,4. Nejhůře hodnocený chléb, s hodnocením spadající pod bod 3, vyšel chléb S20 s 20 % hrachové mouky, chléb je tedy hodnocen jako uspokojivý – málo výrazná a harmonická vůně chleba. Čtyři respondenti dokonce hodnotili chléb jako neuspokojivý – znatelné cizí pachy, netypická vůně, zatuchlá; všichni tyto hodnotitelé byli muži. Další dotaz v dotazníku zněl, jestli byl některý ze vzorků cítit po luštěnině. V případě kladné odpovědi měli hodnotitelé vybrat jednu z luštěnin z výběru. Z celkového počtu respondentů zvolilo 85 % odpověď, že necítili z žádného chleba pach po luštěnině. Zbýlých 15 % nejčastěji zvolilo jako kladný vzorek S20, pouhý dva respondenti zvolili správnou odpověď – pach po hrachu setém. Z těchto výsledků lze usoudit, že luštěninové mouky v chlebu nejsou příliš vnímány čichovými smysly. Tato informace může mít pozitivní vliv na eventuelní prodej na trhu tohoto výrobku. Studie Rizzello et al. (2014) zkoumající senzoričnou analýzu kváskových chlebů s náhradou 15 % luštěninovou moukou přišla experimentem na to, že chleby s takovouto recepturou respondentům chutnají více, než těsto pouze z pšeničné a žitné mouky. Studie došla také ke stejnému názoru, že vůně těchto chlebů není příliš kladně hodnocena.



Obrázek 20 - Grafické znázornění analýzy chuti chleba

Další zkoumaný parametr byla chuť kváskového chleba graficky zobrazen na obrázku 20. Nejlépe hodnocenou chuť měl chléb C10 s 10% přídavkem hrachové mouky. Vzorky F50, K10 a C10 získaly podobný počet bodů kolem 1,5 bodu. Z těchto výsledků můžeme soudit, že běžný konzument by 10% přídavek luštěninové mouky po chuťové stránce nerozeznal od standartního chleba.

V další části byla provedena párová rozdílová zkouška. Byl dotazován rozdíl mezi standardem F50 a vzorky s 20 % netradičních mouk (S20, A20). Tuto volbu hodnotilo 90 % všech dotazovaných kladnou odpovědí, tedy že vnímají celkový rozdíl mezi chleby v jeho vlastnostech. Následující hodnocení probíhalo mezi vzorky s 10% (K10, C10) a 20% (A20, S20) podílem luštěninových mouk. Výsledek tohoto dotazu již nebyl tak jednoznačný, 65 % respondentů poznali rozdíl ve vzorcích a 35 % ve vzorcích nezaznamenali rozdíl.

V pořadovém preferenčním testu měli hodnotitelé určit pořadí vzorků dle preferencí. Z výsledků testu chlebů s hrachovou moukou byl nejvíce preferován chléb F50, tedy bez příměsi. Na druhém místě skončil chléb C10 a na posledním místě chléb S20 s největším zastoupením hrachové mouky. V případě chlebů s přídavkem mouky z červené čočky byl zvolen jako nejlépe hodnocen vzorek K10, na druhém místě byl vzorek F50 a na posledním místě byl hodnocen vzorek A20.

Poslední část dotazníku obsahovala otázky pro průzkum trhu. Pouhých 68 % dotazovaných by si koupilo chléb s přídavkem luštěninových mouk. Zajímavé je, že zbylá procenta hodnotitelů byli muži. Při pozitivní odpovědi byla možnost vybrat důvod zakoupení, všechny ženy zakroužkovaly odpověď „vyšší nutriční hodnota“, 11 žen zvolilo také možnost „kuriozita na trhu pečiva“. Valná většina respondentů by byla ochotná zaplatit vyšší cenu za chléb, kdyby měla zaručenou vysokou kvalitu vstupních surovin a značnou nutriční hodnotu v podobě zvýšeného obsahu bílkovin.

## ZÁVĚR

Předložená práce se zabývala obohacením kváskového chleba o luštěninové mouky. Chléb je všeobecně konzumovaný produkt, který se neustále vyvíjí pro zájem spotřebitelů. Fortifikace tohoto pečiva právě těmito moukami byla zvolena pro celosvětovou klesající spotřebu luštěnin. Jeden ze způsobů zvýšení spotřeby by mohlo být jejich začlenění do potravin spadajících do běžné stravy člověka. Luštěniny obsahují mnoho bioaktivních látek, které mohou doplňovat nutriční i funkční vlastnosti pekařských výrobků o vlákninu, bílkoviny a esenciální aminokyseliny.

Diplomová práce byla rozdělena do dvou částí – teoretické a praktické. Část teoretická byla sestavena z literární rešerše na danou problematiku. Byla zde popsána charakteristika surovin pro výrobu včetně mouk zhotovených z luštěnin. Speciální kapitola byla věnována kvásku a jeho množení. Popsána byla také technologie výroby v domácích podmínkách.

Hlavním cílem experimentální části diplomové práce bylo stanovit technologický postup výroby a vhodnou recepturu kváskového chleba s náhradou 10 %, 20 % moukou z červené čočky a hrachovou moukou. Pro srovnání rozdílů byl také upečen a analyzován chléb jako standartní vzorek bez luštěninové mouky. Z důvodů pandemické situace probíhal vývoj postupu výroby i samotné pečení vzorků v domácích podmínkách, v této době nabíral totiž domácí kváskový chléb mezi konzumenty na oblibě.

Na jednotlivých vzorcích byla provedena senzorická analýza laickými hodnotiteli. Nejlépe byl hodnocen chléb s 10 % mouky z červené čočky, senzoricky nejhůře dopadl vzorek s 20 % hrachové mouky. Většina respondentů by zakoupila obohacený chléb z důvodu vyšší nutriční jakosti a kuriozity na trhu pečiva. Vzorky byly také podrobeny chemickým analýzám, byl stanoven obsah hrubých bílkovin a skladba aminokyselin. Se zvyšujícím se podílem se obsah hrubých bílkovin lineárně zvyšoval. Vzorky s červenou čočkou měly všeobecně více bílkovin než chleby s hrachovou moukou. Z výsledků stanovení aminokyselin se vlivem zvyšující příměsí zvedal postupně obsah všech aminokyselin. Největší nárůst zaznamenala kyselina glutamová, kyselina aspargová, leucin, lysin a semiesenciální arginin. Fortifikace cereálií luštěninovou moukou kompenzuje nedostatek lysinu a threoninu v pšeničné mouce. Výsledky získané při výzkumu diplomové práce s cílem zvýšit bílkoviny a chybějící aminokyseliny v tradiční cereální potravíně jsou uspokojivé. Dle dostupných výsledků lze usuzovat potencionální zvýšení zájmu o konzumaci alternativních chlebů s luštěninami.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

ALBAGLI, Gabriel et al., 2021. *How dried sourdough starter can enable and spread the use of sourdough bread*. LWT. 149, 111888. ISSN 0023-6438. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111888>

ARMBRUST, Bernd, 2014. *Chléb*. Praha: Ikar. ISBN 978-80-249-2383-3.

ARORA, Kashika et al., 2021. *Thirty years of knowledge on sourdough fermentation: A systematic review*: Trends in Food Science & Technology. 108, 71-83. ISSN 0924-2244. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.12.008>

BOTTANI, Michela et al., 2018. *Chemical and nutritional properties of white bread leavened by lactic acid bacteria*. Journal of Functional Foods. 45, 330-338. ISSN 1756-4646. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.04.030>

CAUVAIN, S., 2003. 2 - *Breadmaking: an overview: an overview*. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. Woodhead Publishing, s. 8-28. ISBN 978-1-85573-553-8. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1533/9781855737129.8>

CODA, Rossana et al., 2017. *Improvement of the protein quality of wheat bread through faba bean sourdough addition*. LWT - Food Science and Technology. 82, 296-302. ISSN 0023-6438. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.04.062>

ČESKO. Vyhláška č. 18/2020 Sb., *o požadavcích na mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta*. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2022 [cit. 24. 3. 2022]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-18>

ČESKO. Vyhláška č. 329/1997 Sb., Ministerstva zemědělství, kterou se provádí §18 písm. a), d), h), i), j) a k) zákona č. 110/1997 Sb., *o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, pro škrob a výrobky ze škrobu, luštěniny a olejnatá semena*. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2022 [cit. 25. 4. 2022]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-329>

Český statistický úřad: *Spotřeba potravin 2019* [online], 2020. Praha [cit. 2022-04-10]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/spotreba-potravin-byla-nejvyssi-od-vzniku-ceska>

DOSTÁLOVÁ, Radmila et al., 2016. *Jak poznáme kvalitu: Obiloviny a luštěniny*. Praha: Potravinářská komora České republiky. ISBN 978-80-88019-09-1.

GABROVSKÁ, Dana, et al. *Obiloviny v lidské výživě*. Praha: Potravinářská komora České republiky, Česká technologická platforma pro potraviny, 2015.

GALLO, Veronica et al., 2022. *Physicochemical properties, structure and digestibility in simulated gastrointestinal environment of bread added with green lentil flour*. LWT. 154, 112713. ISSN 0023-6438. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112713>

HADAŠOVÁ, Klára, 2021. *Domácí pekař; aneb, Jak přijít vlastním přičiněním k dobrému pečivu*. Vydání druhé. Palice nad Metují: Analfabet. ISBN 978-80-905790-6-4.

HIDALGO, Alyssa a Andrea BRANDOLINI, 2019. Chapter 8 - *Nutritional, Technological, and Health Aspects of Einkorn Flour and Bread*. Academic Press, s. 99-110. ISBN 978-0-12-814639-2. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814639-2.00008-3>

HRABĚ, Jan, František BUŇKA a Ignác HOZA, 2007. *Technologie výroby potravin rostlinného původu: pro kombinované studium*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. ISBN 978-80-7318-520-6.

IJI, Paul et al., 2019. *The role of specific cereal grain dietary components in poultry gut function*. s. 493-514. ISBN 9781786763044. Dostupné z: doi:[10.19103/AS.2019.0059.23](https://doi.org/10.19103/AS.2019.0059.23)

KAUR, Pinderpal et al., 2021. *Rye: A wonder crop with industrially important macromolecules and health benefits*: Food Research International. 150, 110769. ISSN 0963-9969. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110769>

KUČEROVÁ, Jindřiška, 2016. *Technologie cereálií*. Druhé přepracované vydání. V Brně: Mendelova univerzita. ISBN 978-80-7509-442-1.

KURTZ, Theodore W. et al., 2018. *Functional foods for augmenting nitric oxide activity and reducing the risk for salt-induced hypertension and cardiovascular disease in Japan*. Journal of Cardiology. 72(1), 42-49. ISSN 0914-5087. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.jjcc.2018.02.003>

LEE, Hui Wen et al., 2021. *Physicochemical and functional properties of red lentil protein isolates from three origins at different pH*. Food Chemistry. 358, 129749. ISSN 0308-8146. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129749>

LUŽNÁ, Dagmar, 2019. *Kouzlo kvásku: lahodné makrobiotické, vegetariánské a veganské recepty pro každý den*. Olomouc: ANAG. ISBN 978-80-7554-205-2.

MANN, Jim, TRUSWELL, A. S., ed., 2017. *Essentials of Human Nutrition*. 5. New York: Oxford University Press. ISBN 9780198752981.

MARCHINI, Mia et al., 2021. *The use of red lentil flour in bakery products: How do particle size and substitution level affect rheological properties of wheat bread dough*. LWT. 136, 110299. ISSN 0023-6438. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110299>

MILLAR, K.A. et al., 2019. *Dough properties and baking characteristics of white bread, as affected by addition of raw, germinated and toasted pea flour*. Innovative Food Science & Emerging Technologies. 56, 102189. ISSN 1466-8564. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102189>

MOHAMMED, I., Abdelrahman R. AHMED a B. SENGE, 2014. *Effects of chickpea flour on wheat pasting properties and bread making quality*. Journal of Food Science and Technology. 51(9), 1902-1910. ISSN 0975-8402. Dostupné z: doi:[10.1007/s13197-012-0733-9](https://doi.org/10.1007/s13197-012-0733-9)

MOMČILOVÁ, Pavla, 2015. *Kváskový chleba: kváskovanie v Čechách a na Moravě*. Čestlice: Medica Publishing. Pavla vaří a peče zdravě. ISBN 978-80-85936-70-4.

MONDAL, Arpita a A.K. DATTA, 2008. *Bread baking – A review*. Journal of Food Engineering. 86(4), 465-474. ISSN 0260-8774. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.11.014>

NIČIN, Ramazan et al., 2022. *Production of volatiles relation to bread aroma in flour-based fermentation with yeast*. Food Chemistry. 378, 132125. ISSN 0308-8146. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132125>

POUTANEN, Kaisa, 2014. Chapter 1 - *Rye and Rye Bread—An Important Part of the North European Bread Basket*. AACCC International Press, s. 1-6. ISBN 978-1-891127-81-6. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/B978-1-891127-81-6.50001-8>

PŘÍHODA, Josef, 2012. *Přehled tradičních potravinářských výrob: technologie potravin*. Ostrava: Key Publishing. Monografie (Key Publishing). ISBN 978-80-7418-145-0.

PŘÍHODA, Josef, Pavel SKŘIVAN a Marie HRUŠKOVÁ, 2003. *Cereální chemie a technologie I: cereální chemie, mlýnská technologie, technologie výroby těstovin*. Praha: VŠCHT. ISBN 80-7080-530-7.

RIZZELLO, Carlo Giuseppe et al., 2014. *Use of sourdough fermentation and mixture of wheat, chickpea, lentil and bean flours for enhancing the nutritional, texture and sensory characteristics of white bread*. International Journal of Food Microbiology. 180, 78-87. ISSN 0168-1605. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.04.005>

ROCHA, João M. a F. Xavier MALCATA, 2012. *Microbiological profile of maize and rye flours, and sourdough used for the manufacture of traditional Portuguese bread*. Food Microbiology. 31(1), 72-88. ISSN 0740-0020. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.fm.2012.01.008>

ROMANO, Annalisa et al., 2021. *Lentil flour: nutritional and technological properties, in vitro digestibility and perspectives for use in the food industry: Current Opinion in Food Science*. 40, 157-167. ISSN 2214-7993. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.04.003>

SLAVÍKOVÁ, Mirka van Gils, 2020. *Vůně chleba*. Vydání druhé. Praha: Euromedia Group. Esence. ISBN 978-80-242-6551-3.

SLUKOVÁ, Marcela, Pavel SKŘIVAN a Marie HRUŠKOVÁ, 2017. *Cereální chemie a technologie: zpracování obilovin - mlýnská a těstářská výroba*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. ISBN 978-80-7592-000-3.

SOTO-GÓMEZ, Diego a Paula PÉREZ-RODRÍGUEZ, 2022. *Sustainable agriculture through perennial grains: Wheat, rice, maize, and other species*. A review: Wheat, rice, maize, and other species. A review. Agriculture, Ecosystems & Environment. 325, 107747. ISSN 0167-8809. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107747>



SRIDHARAN, Simha et al., 2020. *Pea flour as stabilizer of oil-in-water emulsions: Protein purification unnecessary: Protein purification unnecessary*. Food Hydrocolloids. 101, 105533. ISSN 0268-005X. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105533>

SUN, Cuixia et al., 2021. *Food and salt structure design for salt reducing*. Innovative Food Science & Emerging Technologies. 67, 102570. ISSN 1466-8564. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102570>

TREUILLE, Eric a Ursula FERRIGNO, 2005. *Chléb: připravený ručně nebo v domácí pekárně*. V Praze: Ikar. ISBN 80-249-0598-1.

TRHOŇOVÁ, Iva a Ludmila GOTTWALDOVÁ, 2019. *Upečeno s láskou: kváskový chléb a pečivo*. V Brně: CPress. ISBN 978-80-264-2397-3.

TRINIDAD, Trinidad P. et al., 2006. *Dietary fiber from coconut flour: A functional food*. Innovative Food Science & Emerging Technologies [online]. 7(4), 309-317 [cit. 2022-05-02]. ISSN 14668564. Dostupné z: doi:[10.1016/j.ifset.2004.04.003](https://doi.org/10.1016/j.ifset.2004.04.003)

VATANSEVER, Serap et al., 2021. *Physicochemical and multi-scale structural alterations of pea starch induced by supercritical carbon dioxide + ethanol extraction*. Food Chemistry. 344, 128699. ISSN 0308-8146. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128699>

VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ, 2009. *Chemie potravin*. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS. ISBN n978-80-86659-17-6.

XING, Qinhuai et al., 2021. *Protein fortification of wheat bread using dry fractionated chickpea protein-enriched fraction or its sourdough*. LWT. 142, 110931. ISSN 0023-6438. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.110931>

Žitný kvásek: *Stupně kvásku pro výrobu chleba*, 2013. In: České tradice [online]. Praha [cit. 2022-02-27]. Dostupné z: <https://cesketradice.cz/zitny-kvasek/>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

AMK	Aminokyselina
ČR	Česká republika
ČSÚ	Český statistický úřad
DP	Diplomová práce
MO	Mikroorganismy
Sb.	Sbírka

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1 - Anatomická stavba obilky (Iji et al., 2019).....	12
Obrázek 2 - Molekuly gliadinu, gluteninu a jejich vzájemné spojení (Příhoda, 2012) .....	14
Obrázek 3 - Schéma zpracování obilovin (Sluková et al., 2017) .....	17
Obrázek 4 - Tři stupně vedení kvásku (České tradice, 2013).....	26
Obrázek 5 - Aplikovaná žitná celozrnná mouka hladká (autor práce) .....	36
Obrázek 6 - Použitá mouka z červené čočky (autor práce) .....	37
Obrázek 7 - Nepovedený chléb s příměsí 40 % cizrnové mouky (autor práce) .....	40
Obrázek 8 - Nepovedený chléb s příměsí 30 % fazolové mouky (autor práce) .....	40
Obrázek 9 - Nepovedený chléb s příměsí 10 % fazolové mouky (autor práce) .....	41
Obrázek 10 - Rozdíly mezi chleby vlivem potření vodou (autor práce) .....	41
Obrázek 11 - Navážené odležené suroviny připravené ke hnětení (autor práce) .....	45
Obrázek 12 - Hnětací hák kuchyňského robotu mísící chlebové těsto (autor práce) .....	45
Obrázek 13 - Připravený chléb na plechu pro fázi pečení (autor práce).....	46
Obrázek 14 - Vzorčky kváskového chleba pro senzorkou analýzu (autor práce) .....	50
Obrázek 15 - Grafické znázornění výsledků hrubých bílkovin .....	51
Obrázek 16 - Zastoupení hodnotitelů dle pohlaví.....	55
Obrázek 17 - Grafické znázornění hodnocení kůrky .....	56
Obrázek 18 - Chleby s hrachovou moukou připraveny k pečení.....	57
Obrázek 19 - Grafické znázornění analýzy vůně chleba .....	57
Obrázek 20 - Grafické znázornění analýzy chutě chleba .....	58

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 - Výživové údaje na 100 g pšeničné mouky .....	35
Tabulka 2 - Výživové údaje na 100 g žitné mouky .....	36
Tabulka 3 - Výživové údaje na 100 g mouky z červené čočky .....	37
Tabulka 4 - Výživové údaje na 100 g hrachové mouky .....	38
Tabulka 5 - Receptura surovin s příměsí hrachové mouky .....	42
Tabulka 6 - Receptura surovin s příměsí mouky z červené čočky .....	43
Tabulka 7 - Výsledky obsahu hrubých bílkovin ve vzorcích chleba .....	52
Tabulka 8 - Výsledky obsažených aminokyselin v jednotkách g/kg.....	54

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Vzor dotazníku sensorické analýzy

