

# Vazba mezi postupem při vedení kvasu a kvalitou pečiva

Lucie Ďoubalová

---

Bakalářská práce  
2022

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická  
Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2021/2022

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

|                   |  |
|-------------------|--|
| Jméno a příjmení: | Lucie Ďoubalová  |
| Osobní číslo:     | T19097   |
| Studijní program: | B0721A210002 Technologie a hodnocení potravin          |
| Specializace:     | Technologie potravin                                   |
| Forma studia:     | Prezenční  |
| Téma práce:       | Vazba mezi postupem při vedení kvasu a kvalitou pečiva |

## Zásady pro vypracování

### I. Teoretická část

1. Historie používání kvasů při výrobě pečiva.
2. Tradiční technologie přípravy kvasu.
3. Moderní postupy vedení kvasu.

### II. Praktická část

1. Charakteristika materiálu a popis použitých metod.
2. Popis získaných výsledků a jejich diskuse s literaturou.
3. Formulace závěrů práce.

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

**Seznam doporučené literatury:**

- [1]Decock, P., & Cappelle, S. (2005). Bread technology and sourdough technology. *Trends in Food Science & Technology*, 16(1-3), 113-120
- [2]Pétel, C., Onno, B., & Prost, C. (2017). Sourdough volatile compounds and their contribution to bread: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 59, 105-123
- [3]Sakandar, H. A., Hussain, R., Kubow, S., Sadiq, F. A., Huang, W., & Imran, M. (2019). Sourdough bread: A contemporary cereal fermented product. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(3), e13883

Vedoucí bakalářské práce: **doc. RNDr. Iva Burešová, Ph.D.**  
Ústav technologie potravin

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

Termín odevzdání bakalářské práce: **20. května 2022**

L.S.

---

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

---

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

Ve Zlíně dne 25. února 2022

## **PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou 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 – bakalářskou 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 bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

**Prohlašuji,**

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

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce se zabývá vazbou mezi postupem při vedení kvasu a kvalitou vyrobeného chleba. Teoretická část popisuje výrobu kvasů od prvního spontánního kvašení, tradiční technologii třístupňového vedení kvasu až po moderní postupy vedení kvasu.

V praktické části bylo zkoumáno, jaký vliv má použité kypření chlebového těsta na kvalitu vyrobeného chleba. Byly připraveny vzorky dle tří odlišných receptur s různým postupem vedení kvasu. Vzorky byly upečeny a následně zjištěny ztráty pečením, specifický objem a bylo provedeno sensorické hodnocení. Ze získaných výsledků vyplývá, že způsob kypření chlebového těsta má vliv na kvalitu konečného chleba.

Klíčová slova:

Žitný kvas, chléb, pekařský pokus, ztráty pečením, měření objemu, sensorické hodnocení

## **ABSTRACT**

The bachelor thesis deals with the link between the fermentation process and the quality of the bread produced. The theoretical part describes the production of sourdough from the first spontaneous fermentation, the traditional three-stage fermentation technology to modern fermentation management.

In the practical part, the influence of the bread dough leavening used on the quality of the bread produced was investigated. Samples were prepared according to three different recipes with different leaven management procedures. The samples were baked and then the baking losses, specific volume and sensory evaluation were determined. The results show that the method of leavening the bread dough has an influence on the quality of the final bread.

Keywords:

Rye sourdough, bread, baking experiment, baking losses, volume measurement, sensory evaluation

Ráda bych tímto poděkovala vedoucí mé bakalářské práce doc. RNDr. Ivě Burešové, Ph.D. za odborné vedení, trpělivost, cenné rady a připomínky při zpracování bakalářské práce. Děkuji také Ing. Romaně Šebestíkové za odbornou pomoc při praktické části bakalářské práce.

Poděkování patří i mé rodině za podporu a pomoc při studiu.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/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 HISTORIE POUŽÍVÁNÍ KVASŮ PŘI VÝROBĚ PEČIVA</b> .....                 | <b>11</b> |
| <b>2 CHARAKTERISTIKA SUROVIN PRO VÝROBU CHLEBA</b> .....                  | <b>12</b> |
| 2.1    MOUKA .....  | 12        |
| 2.1.1    Jakost pšeničné mouky pro pekařské účely .....                   | 12        |
| 2.1.2    Jakost žitné mouky pro pekařské účely .....                      | 13        |
| 2.2    VODA .....   | 14        |
| 2.3    ŽITNÝ KVAS .....   | 14        |
| 2.4    DROŽDÍ .....   | 14        |
| 2.5    SŮL .....  | 15        |
| 2.6    KMÍN.....  | 15        |
| <b>3 TRADIČNÍ TECHNOLOGIE PŘÍPRAVY KVASŮ</b> .....                        | <b>16</b> |
| 3.1    TŘÍSTUPŇOVÉ VEDENÍ KVASU .....                                     | 16        |
| 3.2    MIKROORGANIZMY ŽITNÝCH KVASŮ.....                                  | 17        |
| 3.2.1    Kvasinky .....   | 17        |
| 3.2.2    Bakterie mléčného kvašení .....                                  | 17        |
| 3.2.3    Nežádoucí bakterie kvasu .....                                   | 18        |
| 3.2.4    Plísňe v kvasu.....  | 18        |
| 3.3    MIKROBIOLOGICKÉ PROCESY PROBÍHAJÍCÍ V ŽITNÝCH KVASECH .....        | 19        |
| 3.3.1    Alkoholové kvašení.....  | 19        |
| 3.3.2    Mléčné kvašení.....  | 19        |
| 3.3.3    Nežádoucí kvašení v kvasech.....                                 | 20        |
| 3.4    PARAMETRY ŽITNÉHO KVASU.....                                       | 21        |
| 3.4.1    Výtěžnost kvasu .....  | 21        |
| 3.4.2    Teplota.....   | 22        |
| 3.4.3    Podíl základu .....  | 22        |
| 3.4.4    Čas.....   | 22        |
| 3.4.5    Titrační kyselost.....   | 22        |
| 3.4.6    Doplňkové laboratorní metody kontroly kvality žitného kvasu..... | 22        |
| <b>4 MODERNÍ POSTUPY VEDENÍ KVASU</b> .....                               | <b>24</b> |
| 4.1    VITÁLNÍ ŽITNÉ KVASY .....  | 24        |
| 4.1.1    Obnovitelné kvasy tvořící pouze kyseliny .....                   | 24        |
| 4.1.2    Kvasy bez obnovitelnosti posledního stupně .....                 | 26        |
| 4.2    NEVITÁLNÍ ŽITNÉ KVASY.....   | 27        |
| 4.2.1    Přirozeně fermentované .....                                     | 27        |
| 4.2.2    Uměle zkoncentrované.....  | 28        |
| 4.2.3    Sušené .....   | 28        |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>II PRAKTICKÁ ČÁST.....</b>                  | <b>29</b> |
| <b>5 CÍL PRÁCE .....</b>                       | <b>30</b> |
| <b>6 POUŽITÉ METODY .....</b>                  | <b>31</b> |
| 6.1 PEKAŘSKÝ POKUS.....                        | 31        |
| 6.2 STANOVENÍ ZTRÁTY PEČENÍM .....             | 33        |
| 6.3 MĚŘENÍ OBJEMU.....                         | 33        |
| 6.4 SENZORICKÉ HODNOCENÍ .....                 | 36        |
| 6.5 STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ DAT .....          | 36        |
| <b>7 VÝLEDKY A DISKUZE .....</b>               | <b>37</b> |
| 7.1 VYHODNOCENÍ PEKAŘSKÉHO POKUSU.....         | 37        |
| 7.1.1 Ztráty pečením .....                     | 37        |
| 7.1.2 Specifický objem.....                    | 38        |
| 7.2 VYHODNOCENÍ SENZORICKÉ ANALÝZY .....       | 40        |
| 7.2.1 Lesk kůrky.....                          | 41        |
| 7.2.2 Barva kůrky .....                        | 41        |
| 7.2.3 Rovnoměrnost vzhledu kůrky .....         | 42        |
| 7.2.4 Textura kůrky .....                      | 43        |
| 7.2.5 Lesk střídy .....                        | 44        |
| 7.2.6 Velikost pórů střídy .....               | 45        |
| 7.2.7 Pružnost střídy.....                     | 45        |
| 7.2.8 Intenzita chuti.....                     | 46        |
| 7.2.9 Intenzita vůně .....                     | 47        |
| <b>ZÁVĚR .....</b>                             | <b>49</b> |
| <b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>          | <b>50</b> |
| <b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b> | <b>54</b> |
| <b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>                    | <b>55</b> |
| <b>SEZNAM TABULEK.....</b>                     | <b>56</b> |
| <b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>                      | <b>57</b> |



## ÚVOD

Kypření chlebových těst kvasem je jedním z nejstarších biotechnologických procesů. Základem výroby žitného kvasu je zkvašování vodné suspenze žitné mouky kvasinkami a bakteriemi mléčného kvašení, které se nacházejí převážně v mouce. Kvasinky zajišťují kvasu a následně chlebovému těstu dostatečné kypřící schopnosti produkcí etanolu a oxidu uhličitého. Bakterie mléčného kvašení snižují pH kvasu a produkují řadu metabolitů, které mají vliv na strukturu chleba. Kváskový chléb má v porovnání s chlebem kypřeným pekařským droždím lepší organoleptické vlastnosti. Výroba žitného kvasu je však časově náročná a vyžaduje kvalifikovanou pracovní sílu, proto se také využívají zkrácené postupy přípravy kvasů nebo kypření pekařským droždím (*Saccharomyces cerevisiae*). Při zkrácených postupech se využívají kvasové koncentráty nebo startovací kultury získané zahuštěním nebo sušením tradičních kvasů [1-5].

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 HISTORIE POUŽÍVÁNÍ KVASŮ PŘI VÝROBĚ PEČIVA

Kvas se využívá při výrobě chleba už od starověku, jelikož je nezbytný pro kynutí těsta. Jeho použití je jedním z nejstarších biotechnologických procesů kvašení potravin [6].

V počátcích své existence pojídal člověk nasbíraná zrna přímo tak, jak je v přírodě objevil. Postupem času začal zrna pražit v ohni, a následně i drtit v kamenných hmoždířích a jednoduchých mlýnech. Z pomletého obilí pak snadno připravoval kaši vařenou či nevařenou z které na rozpálených kamenech mohl upéct placky. Příprava kvašeného těsta byla objevena náhodou. První důkazy o pečení kvašeného těsta jsou datovány kolem roku 6000 (př.n.l.) egyptskými nástěnnými malbami. Egypťané drtili mezi kameny pšeničná zrna a získávali mouku, kterou následně smísili s vodou a solí a vznikl tzv. nekvašený chléb. Působením bakterií na slunci těsto vykynulo, a v teplé peci se pak upekl vzdušný a lehký chléb, pokrytý hnědou kůrkou [7].

V Čechách se dle Kosmovy kroniky objevili pekaři jako dvorní řemeslníci už v 11. a 12. století. Za tradiční kvas byl dříve považován kus těsta z předchozího pečení, který byl smíchán s moukou, solí a vodou a vytvořilo se chlebové těsto. Zatímco byl kus těsta skladován, došlo k fermentaci aktivitou bakterií mléčného kvašení, které jsou obsaženy v mouce a vytvoření kyseliny mléčné. Kromě toho došlo také k množení kvasinek a díky jejich schopnosti produkovat oxid uhličitý bylo chlebové těsto nakypřeno. V 19. století byl kvas nahrazen pekařským droždím, a od té doby bylo jeho použití omezeno na řemeslný a žitný chléb. V posledních letech se tradiční výroba kváskového chleba znovu obnovuje s rostoucí poptávkou spotřebitelů po chutnějších potravinách [6-10].

O významu chleba v našich dějinách svědčí i starý Slovanský zvyk vítat hosty chlebem a solí [7].

## 2 CHARAKTERISTIKA SUROVIN PRO VÝROBU CHLEBA

Základními surovinami pro tradiční výrobu žitného, žitnopšeničného, (resp. pšeničnožitného) chleba je žitný kvas, pšeničná a žitná mouka, voda a jako dochucovadlo se používá sůl a kmín. Výroba žitného kvasu je však časově náročná, proto se využívají také zkrácené postupy přípravy kvasů nebo kypření droždím [1, 2].

### 2.1 Mouka

Mouka je obilný mlýnský výrobek, získaný mletím určitého druhu obilí, tříděný podle velikosti částic nebo granulace a obsahu minerálních látek, nebo podle typu mouky [11].

Tato surovina je základem pro výrobu pekařských těst, kde tvoří až 70 % hmotnosti všech surovin. Pro výrobu chleba se nejčastěji používají mouky z vymletého zralého zrna žita (*Secale cereale* L.) a zralého zrna pšenice obecné (*Triticum aestivum* L.). Každá mouka má své charakteristické technologické vlastnosti. Hlavní rozdíl mezi žitnou a pšeničnou moukou je v rozdílných vlastnostech bílkovin. Procentuální zastoupení základních složek v sušině mouky je uvedeno v tabulce 1 [1, 11, 12].

**Tabulka 1:** Procentuální zastoupení základních složek v sušině pšeničné a žitné mouky [11]

| Složka     | Pšeničná (v % sušiny) | Žitná (v % sušiny) |
|------------|-----------------------|--------------------|
| Škrob      | 75,0 – 79,0           | 69,0 – 81,0        |
| Bílkoviny  | 10,0 – 12,0           | 8,0 – 10,0         |
| Tuky       | 1,1 – 1,9             | 0,7 – 1,4          |
| Cukry      | 2,0 – 5,0             | 5,0 – 8,0          |
| Vláknina   | 0,1 – 1,0             | 0,1 – 0,9          |
| Slizy      | 2,5 – 3,4             | 3,5 – 5,2          |
| Popeloviny | 0,4 – 1,7             | 0,5 – 1,7          |

#### 2.1.1 Jakost pšeničné mouky pro pekařské účely

Pekařská jakost se udává jako [11, 13]:

- **Síla mouky** – dána kvalitou a množstvím bílkovin a fyzikálními vlastnostmi těst
- **Plynotvorná schopnost mouky** – dána aktivitou amylolytických enzymů a stavem škrobu

- **Cukrotvorná schopnost mouky** – dána množstvím zkvasitelných cukrů, které jsou obsaženy v mouce

V mouce pro pekařské účely posuzujeme především stav sacharido-amylázového komplexu a bílkovino-proteázového komplexu [11].

### **Sacharido-amylázový komplex**

Dobrý stav sacharido-amylázového komplexu v mouce je předpoklad pro dobré cukrotvorné a plynotvorné schopnosti mouky. Je tvořen sacharidy společně s amylolytickými enzymy. V mouce jsou přítomny monosacharidy, oligosacharidy a z pekařského hlediska nejvíce významné polysacharidy (škrob, arabinoxylany, celulóza). Aktivita amylolytických enzymů ovlivňuje kvalitu a stav škrobu. Jejich působením dochází ke štěpení škrobu na dextriny a následně až na jednoduché cukry. Mouka obsahuje okolo 80 % škrobu, který se skládá z amylozy a amylopektinu. Ve studené vodě je amyloza rozpustná na rozdíl od amylopektinu, který ve studené vodě pouze bobtná. Při zvyšování teploty během pečení dochází k mazovatění škrobu a přijímání většího množství vody. Následně po ochlazení dochází k vytvoření škrobového gelu, který ovlivňuje vláčnost střídy. Gel později především při nižších teplotách uvolňuje vodu, ztrácí svou pružnost a tím dochází k retrogradaci škrobu, která působí na stárnutí pečiva [11, 13].

Pšeničné mouky mají často nedostatek enzymů, proto se do nich přidávají v různých formách zlepšujících přípravků [13].

### **Bílkovino-proteázový komplex**

Bílkovino-proteázový komplex je tvořen moučnými bílkoviny a proteolytickými enzymy, které na bílkoviny během technologického procesu působí. Kvalita a množství bílkovin jsou hlavními kritérii pekařské jakosti pšenice. Lepek složený z prolaminů a gluteninů tvoří přibližně 86 % pšeničných bílkovin. V těstě tvoří síť, která zadržuje kvasné plyny, vytváří kostru pečiva a má vliv i na tvar a objem výrobku [11, 13, 14].

## **2.1.2 Jakost žitné mouky pro pekařské účely**

Parametry pekařské jakosti žitné mouky jsou odlišné od mouky pšeničné [13]:

### **Amylázo-škrobový komplex**

Stav amylázo-škrobového komplexu má značný význam pro hodnocení pekařské aktivity žitné mouky. Jedná se o působení amyláz na složky škrobu [13].

Jelikož mletí žitné mouky probíhá za drsnějších podmínek než u pšeničné mouky, je vyšší pravděpodobnost výskytu většího podílu poškozeného škrobu, a proto dochází k rychlejšímu mazovatení žitného škrobu. Aktivita amyláz, které na poškozený škrob působí je v žitné mouce vyšší než v pšeničné. Při výrobě chleba tradičním způsobem, je ale brzy aktivita amyláz snižována vyšší kyselostí vyzrálého žitného kvasu [11, 13].

Žitný škrob ve srovnání s pšeničným má více amylopektinu a méně amyulózy, která zpětně retrograduje a je zásadní při tvrdnutí pšeničného pečiva. Tímto lze vysvětlit pomalejší tvrdnutí žitného pečiva. Na vláčnost a pomalejší tvrdnutí střídy mají vliv také arabinoxylany, které mají vysokou bobtnací schopnost a váží vodu již při normální teplotě [12, 13].

## 2.2 Voda

Voda je v pekařské technologii základní surovinou, která musí splňovat požadavek na zdravotní nezávadnost. Množství vody přidávané do těsta je dáno vazností mouky. Žitná mouka má vaznost 60-70 %, pšeničná 50-60 %. Čím více přidáme do výrobku vody, tím získáme větší vláčnost a vyšší výtěžnost výrobku [1, 11].

Pitná voda je bezbarvá, čirá bez pachu a vůní. Základní vlastností vody je tvrdost vody, která se vyjadřuje v jednotce [mmol/l]. Ovlivňují ji především vápenaté a hořečnaté ionty. Optimální tvrdost vody používané v pekařských provozech je 3,5-9 mmol/l. Tvrdá voda brzdí činnost enzymů a zpomaluje kvašení. Měkká voda kvašení naopak urychluje, těsta jsou roztékavá, lepkavější [11].

V chlebu z pšeničné mouky bývá obsah vody nejčastěji okolo 35-36 %, chleba z žitné mouky obsahuje 38-45 % vody [15].

## 2.3 Žitný kvas

Žitný kvas je využíván při výrobě tradičních chlebů ke kypření chlebového těsta [1]. Je možné využít více typů kvasů jejichž způsob výroby je popsán v kapitole 3 a 4.

## 2.4 Droždí

Pekařské droždí je nejpoužívanější kypřidlo pro většinu pekařských výrobků, při výrobě chleba se v našich pekárnách používá až v 80 %. Je tedy možné pekařské droždí zařadit mezi základní surovinu [11].

Droždí jsou živé, heterotrofní, eukaryotní vyšlechtěné vylisované kvasinky rodu *Sacharomyces cerevisiae* Hansen, které za vhodných podmínek zkvašují sacharidy na oxid uhličitý a alkohol. Při kvašení dochází ke kypření těsta a tvorby charakteristických aromatických látek. Generační doba kulturních kvasinek obsažených v droždí je dvakrát delší než generační doba divokých kvasinek v chlebových kvasech, ale i přesto mají mnohem lepší fermentační schopnost [11, 16].

V pekařském průmyslu se můžeme setkat s různými komerčními druhy droždí. Nejpoužívanější forma biologického kypření pro užité vlastnosti a poměr ceny k jeho množství je čerstvé lisované droždí, které je vhodné i pro kypření kyselých chlebových těst. Dále je využíváno tekuté krémové droždí, tekuté droždí, sušené droždí a sušené instantní droždí [11].

## 2.5 Sůl

Sůl ovlivňuje technologické vlastnosti těsta a sensorické vlastnosti výrobku, proto je důležitou složkou receptury. U jednotlivých druhů pečiva se liší přídavek soli. Při výrobě chleba se přídavek soli pohybuje v rozmezí 1,6 – 2,0 % na hmotnost mouky. Pro chlebová těsta se používá jemně mletá sůl, hrubozrnná sůl se rozpouští pomaleji, proto není z technologického důvodu vhodná [1, 11].

## 2.6 Kmín

V pekařské technologii je kmín nejčastěji používaným kořením. Do chlebových těst se používají celé i mleté náhražky v množství až do 0,1 % na hmotnost mouky, nebo jako posyp chleba [11].

### 3 TRADIČNÍ TECHNOLOGIE PŘÍPRAVY KVASŮ

K tradiční české metodě přípravy žitných kvasů patří třístupňové vedení kvasu, které bylo v 60. letech minulého století přizpůsobeno k použití v té době nově vyvinutých kontinuálních výrobních kvasů a těst [3].

#### 3.1 Třístupňové vedení kvasu

Vyvádění třístupňových kvasů je založeno na principu, že se z tzv. zákvasu vyrobí základ a z něj následně první, druhý a třetí stupeň kvasu, který se poté využívá při výrobě chlebového těsta. Třetí stupeň kvasu je možné opakovaně vyvádět tzv. třetinovým dělením. Takto vyrobené kvasy se nazývají kvasy opakovanými a mají totožné technologické parametry jako třetí stupeň kvasu [3, 13, 17].

- Zákvasok se připravuje z vyzrálého třetího stupně kvasu, a slouží k uchování během delšího období, ve kterém se kvas a následně chlebové těsto nevyrábí. Jako zákvasok je možné využít vyzrálý kvas o výtěžnosti  $V = 220\text{--}230$  zchlazený na teplotu  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , nebo vyzrálý kvas zahuštěný 0,5 násobkem žitné mouky do konzistence tužšího chlebového těsta ( $V = 160$ ) nazývaný jako nátěstek, či zahuštěný vyzrálý kvas 1,5 násobkem žitné mouky a následným mechanickým rozmělněním hmoty na tzv. drobenku ( $V = 130$ ). Všechny zákvasoky je nutné skladovat v chladu. Použitelnost zchlazeného kvasu je přibližně 1 den, nátěstku 2 dny a drobenky 3 až 5 dnů [3].
- První stupeň kvasu má obdobný účel i podobné parametry jako základ. V této fázi výroby se upřednostňuje množení kvasinek. Doporučená výtěžnost  $V = 230$  až  $250$ , s počáteční teplotou  $23$  až  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  a dobou zrání okolo 5 až 6 hodin. Zralý kvas 1. stupně se projevuje znatelným nárůstem objemu, pórovitou strukturou a typickou vůní a chutí. Konečná titrační kyselost tohoto stupně by měla být  $85$  až  $100\text{ mmol/kg}$ , která následně zajišťuje, že nedojde k pomnožení nežádoucích kontaminujících mikroorganismů [3, 13].
- Druhý stupeň kvasu má parametry vyhovující množení bakterií mléčného kvašení. Má tužší konzistenci o výtěžnosti  $V = 190$  až  $210$  a vyšší počáteční teplotu  $26$  až  $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Doba zrání je 4 až 5 hodin, v porovnání s prvním stupněm kratší, jelikož bakterie mléčného kvašení mají kratší generační dobu oproti kvasinkám. Zralost tohoto stupně se kontroluje jak smyslově, tak i laboratorně dle titrační kyselosti, která by měla dosáhnout hodnoty  $110$  až  $130\text{ mmol/kg}$  [3, 13].



- Třetí stupeň kvasu má mikroflóru v plně aktivní fázi a technologické parametry jsou uzpůsobeny tak, aby se kvasinky a bakterie mléčného kvašení rozmnožovaly současně. Doporučená výtěžnost  $V = 220$  až  $240$ , s optimální počáteční teplotou kvasu  $25$  až  $27$  °C, která se samovolně v průběhu zrání 3. stupně zvyšuje o  $3$  až  $4$  °C. U zcela vyzrálého kvasu, by teplota neměla přesáhnout  $30$  °C. Doba zrání 3. stupně je okolo  $3$  hodin. Zralost konečných stupňů kvasu se kontroluje nejen sensoricky, ale i laboratorně. Titrační kyselost konečných stupňů by měla činit okolo  $90$  až  $100$  mmol/kg [3, 13].

Vyzrálý konečný kvas se zpracovává způsobem, že se přibližně  $2/3$  hmotnosti kvasu využijí pro výrobu chlebového těsta a zbývající  $1/3$  pro výrobu opakovaného kvasu. Při ukončování výroby kvasu se všechny vyrobený kvas využije k výrobě chlebového těsta [3, 13].

### 3.2 Mikroorganismy žitných kvasů

V žitných kvasech se vyskytuje řada mikroorganismů. Kypření chleba zajišťují kvasinky. Dále se v kvasu vyskytují bakterie mléčného kvašení, které vytvářejí sensoricky aktivní látky. Mikrobiologické studie odhalily, že v kvasu se vyskytuje více než  $50$  druhů bakterií mléčného kvašení, většinou druhy rodu *Lactobacillus*, a více než  $25$  druhů kvasinek, zejména druhů rodu *Saccharomyces* a *Candida* [1, 8].

#### 3.2.1 Kvasinky

V žitných kvasech se nacházejí především kvasinky *Saccharomyces cerevisiae*, které tvoří největší podíl etanolu a oxidu uhličitého. V kvasech se rovněž vyskytují i kvasinky *Saccharomyces minor*, *Saccharomyces panis fermentaty*, *Candida milleri*, jejichž technologický vliv ovšem není značně významný. Kvasinky přirozeně se vyskytující v žitném kvasu jsou adaptovány na teplotu  $25$ - $32$  °C. Optimální hodnota pH pro jejich růst je  $4,2$ - $5,0$ , přičemž nejlépe se množí v řidších kvasech o výtěžnosti  $V = 220$ - $250$ . Naopak při výtěžnostech  $V = 150$  a nižší se kvasinky již nemnoží a nevytváří téměř žádné metabolity. Počet kvasinek ve vyzrálém kvasu 3. stupně používaném pro výrobu chlebového těsta se pohybuje od  $1 \cdot 10^6$  do  $5 \cdot 10^7$  KTJ na gram kvasu [1, 3, 8].

#### 3.2.2 Bakterie mléčného kvašení

V žitných kvasech se vyskytují především tyto bakterie mléčného kvašení [3]:

- homofermentativní: *Lactobacillus plantarum*

*Lactobacillus delbruecki*

*Lactobacillus leichmannii*

- heterofermentativní: *Lactobacillus brevis*

*Lactobacillus fermentum*

*Lactobacillus buchneri*

Bakterie mléčného kvašení tvoří nejvíce kyseliny v teplotním rozmezí 30-38 °C. Nejvyšší schopnost produkce kyseliny má z homofermentativních druhů *Lactobacillus plantarum*, a z heterofermentativních *Lactobacillus brevis* a *Lactobacillus fermentum*, přičemž množství vznikajících kyselin lze ovlivnit i teplotou kvasu. Při teplotách pod 30 °C se tvoří poměrně více kyseliny octové, naopak při teplotách nad 30 °C více kyseliny mléčné. Optimální pH pro růst bakterií mléčného kvašení a tvorbu jejich metabolitů je 5,5-6,5. Při snižování pH se rychlost množení i tvorba metabolitů postupně snižuje a při pH nižším než 4,0 postupně ustává. Bakterie mléčného kvašení upřednostňují tužší prostředí ( $V = 170-200$ ), ve kterém se dobře množí a vytvářejí největší množství kyselin. Na rozdíl od kvasinek se dokáží množit a produkovat metabolity i v tuhých kvasech o výtěžnosti  $V = 150$ , čehož se technologicky využívá při výrobě tzv. tuhých stabilizovaných kvasů. U vyzrálých kvasů se počet bakterií mléčného kvašení pohybuje od  $1 \cdot 10^9$  do  $3 \cdot 10^9$  KTJ na gram kvasu [3, 8].

### 3.2.3 Nežádoucí bakterie kvasu

K nežádoucím bakteriím v žitných kvasech řadíme hnilobné bakterie *Bacillus subtilis* a *Bacillus mesentericus*, jejichž spory jsou schopné přežít i několik desítek minut při teplotách nad 110 °C. Ve střídě pekařských výrobků není nikdy tak vysoké teploty dosaženo. Maximální dosažená teplota v pekařských výrobcích je okolo 98 °C, při které jsou ale spory schopny přežít. Ty svou následnou činností do několika dnů od upečení dokáží střídu chleba postihnout hnilobou neboli nitkovitostí. Proto je nutné ve střídě hotových pekařských výrobků dostatečně nízké pH zajištěné přítomností kyseliny mléčné a octové, aby nedošlo k rychlé přeměně spor bakterií na vegetativní buňky [3, 10, 18].

### 3.2.4 Plísně v kvasu

Plísně se do kvasu dostávají zejména s použitou žitnou moukou, které jsou stejně jako bakterie a kvasinky přirozenou součástí. Ve správně vedených žitných kvasech však pro plísně nejsou příliš vhodné podmínky, a tak vytváří spory, které se řádným pečením ničí.

V nedostatečně propečeném výrobku jsou ale spory schopny přežít, a znovu vyklíčit ve vegetativní buňky a způsobit vnitřní nebo vnější plesnivění výrobku již 3. den po upečení [3].

### 3.3 Mikrobiologické procesy probíhající v žitných kvasech

#### 3.3.1 Alkoholové kvašení

Kvasinky tvoří značný podíl mikroflóry žitných kvasů, kdy zajišťují kvasu a následně i chlebovému těstu dostatečné kypřící schopnosti produkcí ethanolu a oxidu uhličitého při zkvašování jednoduchých cukrů dle rovnice alkoholového kvašení [3, 17, 19]:



Jednoduché cukry (glukóza, fruktóza) jsou kvasinkami přímo využívány, kdežto složitější cukry (maltóza, sacharózy, dextriny, škrob) musí být nejdříve činností enzymů obsažených v mouce nebo enzymů produkovaných do okolí samotnými mikroorganismy převedeny na jednoduché cukry. Kromě ethanolu a oxidu uhličitého vznikají při alkoholovém kvašení ještě další meziprodukty a vedlejší zplodiny jako např. glycerol, organické kyseliny (mléčná, jantarová, šťavelová), aldehydy, ketony a řada výrazně aromatických esterů. Proces alkoholového kvašení probíhá bez přístupu vzdušného kyslíku (anaerobně). Přesto je třeba vzdušný kyslík do žitného kvasu dodávat občasným prošleháním, jelikož se tím podporuje množení kvasinek. Příliš vysoká koncentrace zplodin alkoholového kvašení množení kvasinek zpomaluje, prošleháním nahradíme značnou část kvasných plynů vzduchem, a tím se činnost kvasinek oživí [3, 19].

#### 3.3.2 Mléčné kvašení

Bakterie mléčného kvašení tvoří druhý základní podíl mikroflóry žitných kvasů. Mléčné kvašení zajišťuje kvasu a chlebovému těstu požadovanou kyselost a následně hotovému chlebu požadované chuťové a aromatické vlastnosti. Při mléčném kvašení jsou činností bakterií rodu *Lactobacillus* přeměňovány jednoduché cukry na kyselinu mléčnou a octovou. Mimo těchto hlavních produktů může vznikat určité množství kyseliny jantarové, jablečné a vinné, etanol, řada aldehydů a ketonů a malé množství kypřících plynů. Většina těchto látek značným způsobem spoluvytváří typické chlebové aroma. Včetně toho správné okyselení chlebového těsta umožňuje optimální nabobtnání přítomných bílkovin a škrobu, což má velký vliv na pekařské vlastnosti zpracovávaných těst a následně kvalitu vyrobeného chleba a jeho trvanlivost, jelikož kyselina mléčná a zejména octová vykazují výrazné

antimikrobiální účinky. Čím je chléb působením těchto kyselin kyslejší, tím větší je jeho odolnost proti plesnivění a zejména proti nitkovitosti chleba, kterou způsobují ve střídě po upečení spory bakterií *Bacillus subtilis* nebo *Bacillus mesentericus*. Rozlišujeme dva druhy mléčného kvašení, a to kvašení homofermentativní a heterofermentativní. Při homofermentativním kvašení jsou činností homofermentativních bakterií mléčného kvašení přeměňovány jednoduché cukry pouze na kyselinu mléčnou dle následující rovnice [1, 3]:



Při heterofermentativním kvašení činností heterofermentativních bakterií mléčného kvašení dochází kromě tvorby kyseliny mléčné navíc k tvorbě ještě poměrného množství kyseliny octové, oxidu uhličitého a dále určitého množství již výše zmíněných doprovodných produktů. Ve vyzrálých žitných kvasech je uváděn jako optimální poměr mezi kyselinou mléčnou a octovou 3:1 až 4:1. Veškeré biochemické reakce uplatňující se v procesu mléčného kvašení probíhají bez přístupu vzdušného kyslíku (anaerobně). I při těchto reakcích jsou jednoduché cukry (glukóza, fruktóza) bakteriemi mléčného kvašení využívány přímo, složitější cukry (maltóza, sacharóza, dextriny, škrob) musí být činností enzymů obsažených v mouce nebo enzymů produkovaných do okolí samotnými mikroorganismy přeměněny na jednoduché cukry [3, 9].

### 3.3.3 Nežádoucí kvašení v kvasech

Nežádoucí kvasné procesy jsou v pekařské technologii poměrně vzácné a mohou se vyskytnout u přezrálých kvasů, především při teplotách přesahujících 30 °C [3].

Mezi nežádoucí kvašení řadíme octové kvašení, kdy kromě žádoucího vzniku kyseliny octové činností heterofermentativních bakterií mléčného kvašení může kyselina octová vznikat i oxidací etanolu vlivem bakterií rodu *Acetobacter*, které jsou v kvasech považovány za nežádoucí kontaminaci. Dále mezi nežádoucí kvašení řadíme propionové kvašení, při kterém se v přezrávajících kvasech může projevit i činnost bakterií propionového kvašení rodu *Propionibacteriaceae*, které za anaerobních podmínek zkvašují uhlíkaté organické sloučeniny na kyselinu propionovou a kvasné plyny. V pekárenské výrobě se tento druh nežádoucího kvašení vyskytuje v nevýznamné míře. Máselné kvašení patří také mezi nežádoucí kvašení způsobené činností bakterie *Clostridium butyricum*, může se projevit v podmínkách vhodných pro propionové kvašení, při kterém dochází za anaerobních podmínek ke zkvašování uhlíkatých organických sloučenin na kyselinu máselnou a kvasné plyny. Přítomnost i poměrně malého množství kyseliny máselné v kvasu se projevuje jeho

odpudivým zápachem. I tento druh nežádoucího kvašení se v pekárenské výrobě vyskytuje velmi ojediněle [3].

### 3.4 Parametry žitného kvasu

Základní parametry, které charakterizují druh a stav vyráběného kvasu jsou [3, 12]:

- výtěžnost
- teplota
- podíl základu
- čas
- titrační kyselost

K dalším možným kontrolním parametrům patří [3]:

- počet mikroorganismů
- pH
- vývin CO<sub>2</sub>
- vzájemný podíl organických kyselin

Výše zmíněné parametry spolu technologicky úzce souvisí a většinou i změna jednoho parametru vyvolá výrazné změny v průběhu celého procesu zrání kvasu [3].

#### 3.4.1 Výtěžnost kvasu

Výtěžnost kvasu ( $V$ ) se vyjadřuje v relativních procentech a udává poměr hmotnosti vyrobeného kvasu k hmotnosti spotřebované mouky včetně mouky obsažené v základu vynásobený číslem 100 [3, 12].

$$V_{kvasu} = \frac{m_{kvasu}}{m_{mouky}} \cdot 100$$

Kde:  $V_{kvasu}$  ... výtěžnost kvasu [%]

$m_{kvasu}$  ... hmotnost kvasu [kg]

$m_{mouky}$  ... celková hmotnost použité mouky [kg]

Čím je tedy výtěžnost kvasu vyšší, tím je kvas řidší a naopak, čím je kvas hustší, tím je jeho výtěžnost nižší. Kvasinkám vyhovují kvasy řidší o  $V$  230-250, bakteriím spíše tužší o  $V$  170-

210. Optimální hodnota výtěžnosti závisí i na ostatních technologických parametrem, zejména teplotě a době zrání [3, 20].

### 3.4.2 Teplota

Teplota má velmi významný vliv na mikrobiální procesy probíhající v kvasech, a z tohoto důvodu je nutná kontrola v průběhu celého výrobního procesu. Teplota kvasů a těst se nejsnadněji reguluje teplotou přidávané vody. Teplota je výrazně ovlivněna i teplotou výrobního zařízení. Velké množství tepla se uvolňuje při zrání kvasu, kdy může dojít ke zvýšení teploty až o 5 °C, s čímž je nutno počítat především v teplých letních měsících, kdy dochází nejnáze k přehřátí kvasů a těst, a tím vznikají technologické problémy [3, 20].

### 3.4.3 Podíl základu

Základ kvasu slouží jako zdroj mikroorganismů pro nově připravený kvas. U vícestupňových kvasů tvoří základ příslušného stupně vyzrálý kvas stupně předešlého. K základu se přidá dané množství žitné mouky a vody, směs se důkladně promísí či prošlehá a nechá při zvolených teplotních podmínkách po danou dobu kvasit. U vícestupňových technologií tvoří základ nejčastěji 1/3 hmotnosti nově vyráběného stupně kvasu. Čím menší podíl základu je použit v nově připravovaném kvasu, tím větší riziko zvrhnutí kvasu hrozí, tzn. že v kvasu převládnu technologicky nežádoucí mikrobiální procesy [3].

### 3.4.4 Čas

Čas je základním parametrem u plánování veškerých procesů v pekařské výrobě. Doba trvání neboli intenzita mikrobiálních procesů probíhajících v kvasech záleží na všech dříve zmíněných parametrech [3].

### 3.4.5 Titrační kyselost

Titrační kyselostí můžeme poměrně jednoduše kontrolovat průběh zrání kvasů z pohledu tvorby organických kyselin. Především kyseliny mléčné a octové, které se stanovují společně jako látky kyselé povahy [3, 21].

### 3.4.6 Doplnkové laboratorní metody kontroly kvality žitného kvasu

Pro detailnější sledování mikrobiálních procesů probíhajících v žitných kvasech a následně v chlebových těstech je možné využívat i řadu laboratorních metod, ke kterým patří např.

zjišťování počtu živých mikroorganismů, měření pH, měření intenzity činnosti kvasinek pomocí vývinu CO<sub>2</sub> nebo měření obsahu organických kyselin vznikajících v kvasu [3].

## 4 MODERNÍ POSTUPY VEDENÍ KVASU

Z důvodu časové náročnosti vedení třístupňových kvasů se používají i zkrácené způsoby přípravy kvasů. Ve značné míře se využívají kvasové koncentráty, což je v podstatě zahuštěný kvas, nebo je možné využívat startovací kultury s předfermetovanou kulturou mléčných bakterií [1, 3].

### 4.1 Vitální žitné kvasy

Vitální (živé) kvasy jsou kvasy, které obsahují živé mikroorganismy, které v nich plní důležité technologické funkce. Podle možnosti použití je můžeme rozdělit na kvasy tvořící pouze kyseliny neomezeně obnovitelné anebo kvasy bez možnosti opakování konečného stupně [3].

#### 4.1.1 Obnovitelné kvasy tvořící pouze kyseliny

Jelikož je v dnešní době pekařské droždí běžně dostupnou surovinou, je možné zajistit požadovanou kypřící mohutnost přidávkem droždí přímo do těsta. V chlebových těstech se přídavek obvykle pohybuje do 2 % recepturního množství vztaheno na celkovou hmotnost mouky. Konečný stupeň tedy nemusí obsahovat skoro žádné kvasinky, jeho úkolem je zajistit chlebovému těstu jen organické kyseliny a další chuťové a aromatické látky. Celý proces vyvádění se tedy výrazně zkracuje a kvas je obvykle vyráběn pouze v jednom nebo dvou stupních. Tyto kvasy je také možné množit opakovaně s využitím části vyvrážděného kvasu konečného stupně používaného k výrobě chlebového těsta [3, 17].

Metody výroby vitálních žitných kvasů, tvořící pouze kyseliny, neomezeně opakovatelné [3]:

#### 1) S krátkou dobou zrání

- Berlínské zkrácené vedení
- Detmoldské vedení
- Monheimerské vedení

#### 2) S dlouhou dobou zrání (tzv. stabilizované kvasy)

- Tuhý stabilizovaný kvas
- Tekutý stabilizovaný kvas



- Tekutý stabilizovaný kvas ze zbylého chleba

#### **4.1.1.1 Berlínské zkrácené vedení**

Berlínské zkrácené vedení je metoda jednostupňového vedení kvasu, která se vyznačuje obzvláště homofermentativním způsobem mléčného kvašení v důsledku zvýšené teploty konečného kvasu, která se pohybuje v rozmezí 30-35 °C, a tím zvýšené tvorby kyseliny mléčné. Celkový čas celé výroby kvasu ze základu je v rozmezí 9 až 13 hodin [3, 17].

#### **4.1.1.2 Detmoldské vedení**

Detmoldské vedení je typ jednostupňového vedení kvasu, kdy technologické parametry jsou voleny tak, aby byl umožněn dobrý průběh heterofermentativního mléčného kvašení, a tím i vyšší tvorby kyseliny mléčné. Celkový čas celé výroby kvasu ze základu je v rozmezí 15-24 hodin [3, 17].

#### **4.1.1.3 Monheimerské vedení**

Monheimerské vedení je jednostupňové vedení kvasu, při kterém se kromě žitné mouky a vody přidává i sůl v množství 2 % na celkovou hmotnost mouky použité pro výrobu kvasu. Přídavkem soli se činnost bakterií mléčného kvašení zpomaluje, a to umožňuje zrání kvasu po dobu až 48 hodin [3, 17].

#### **4.1.1.4 Tuhý stabilizovaný kvas**

Necháme-li vitální žitné kvasy s krátkou dobou zrání (Berlínské zkrácené, Detmoldské nebo Monheimerské) zrát ve vhodných podmínkách nejméně 48 hodin, docílíme tzv. stabilizovaného stavu, ve kterém se prakticky zastaví na určité hodnotě nárůst jejich titrační kyselosti a pH. Hodnota je závislá především na druhu přítomných laktobakterií a jejich vzájemného poměru, také na enzymatické aktivitě použité žitné mouky a teplotě kvasu. Mikroorganismy se po dosažení této hodnoty převážně již nacházejí ve fázi postupného odumírání, ve které jsou schopny přežít po dobu až několika týdnů. Přesuneme-li mikroorganismy nacházející se v této fázi zpět do vhodného prostředí, jsou schopny se opět poměrně rychle množit a produkovat do prostředí své metabolity. Této vlastnosti se využívá při výrobě tzv. stabilizovaných kvasů, ve kterých je technologicky žádoucí jen přítomnost heterofermentativních a homofermentativních bakterií mléčného kvašení. Veškeré ostatní mikroorganismy včetně kvasinek jsou považovány za škodlivé v těchto kvasech. Z tohoto důvodu jsou v případě tuhých stabilizovaných kvasů k eliminaci rozvoje nežádoucích

mikroorganismů použity technologické poznatky, že kvasinky se nejsou schopny množit a produkovat své metabolity v tuhém prostředí kvasu o výtěžnosti  $V = 150$  a nižší [3, 13].

#### **4.1.1.5 Tekutý stabilizovaný kvas**

Tekutý stabilizovaný kvas se používá především v průmyslových pekárnách, a proto je nutné, aby konzistence umožňovala bezproblémovou dopravu a dávkování. Z tohoto hlediska je upřednostňováno pracovat s konečnými kvasy o výtěžnosti  $V = 220-250$ . K výrobě tekutého stabilizovaného kvasu se v průmyslových podmínkách využívají speciální fermentory o objemu několika  $m^3$  umožňující poměrně intenzivní promíchávání kvasu obzvláště v počátečních 10 hodinách zrání. Aby kvas neměl tendenci vypěnit, eliminuje se růst přítomných kvasinek a tím se zamezuje jejich intenzivní produkci  $CO_2$  pomocí zvýšené teploty nad  $32\text{ }^\circ C$ . Doporučená doba zrání je minimálně 48 hodin. Při prvním zahajování výroby je nutné použít tzv. startovací kultury [3, 13, 20].

#### **4.1.1.6 Tekutý stabilizovaný kvas ze zbylého chleba**

Obdobná metoda jako tekutý stabilizovaný kvas s rozdílem, že značný podíl žitné mouky používané pro výrobu kvasu je nahrazena 1 až 3 dny starým přebytečným chlebem. Minimální doba zrání tekutého stabilizovaného kvasu ze zbylého chleba je také 48 hodin. Výhodou tohoto způsobu je možnost efektivně zpracovat nestandardní chleby s výjimkou kdy je chleba jakkoli zdravotně závadný (plesnivý, nitkovitý, obsahující škůdce či cizí předměty) [3].

### **4.1.2 Kvasy bez obnovitelnosti posledního stupně**

Hlavní rozdíl v přípravě těchto kvasů spočívá v tom, že konečný kvas obsahuje vyšlechtěné kmeny kvasinek, které do kvasu přidáváme formou pekařského droždí. Veškeré množství tohoto kvasu je při této metodě použito pro výrobu chlebového těsta, jelikož vyšlechtěné kvasinky se v prostředí nedokáží dlouhodobě množit. Jako zdroj přírodních laktobakterií se používá některý druh stabilizovaného kvasu, který je možno pro zajištění mikrobiální čistoty připravovat i z komerčně dodávaných startovacích kultur [3].

#### **4.1.2.1 Kvas ze stabilizovaného kvasu a droždí**

Tento způsob je vhodný k vyvádění kvasů především v menších pekárnách. K výrobě tohoto kvasu, je zapotřebí mít k dispozici dostatečné množství vyzrálého 1. stupně tzv. tuhého stabilizovaného kvasu, a s použitím pekařského droždí (2 % na hmotnost prokvašované

mouky) je možné vyrobit konečný kvas kdykoliv pouhé 3 hodiny před zahájením plánované výroby chlebového těsta [3].

#### **4.1.2.2 Kvas z tekutého stabilizovaného kvasu a roztoku droždí**

Tato metoda je obdobná metodě výroby kvasu ze stabilizovaného kvasu a droždí s rozdílem, že pro přípravu konečného kvasu je použit tekutý stabilizovaný kvas a roztok (suspenze) pekařského droždí ve vodě (ředění 1:3). I při této výrobě je tedy nutné mít k dispozici dostatečné množství vyzrálého 1. stupně tzv. stabilizovaného kvasu a s použitím roztoku pekařského droždí je možné kdykoliv začít vyrábět konečný kvas jen 3 hodiny před plánovanou výrobou chlebového těsta [3].

#### **4.1.2.3 Kvas z tekutého stabilizovaného kvasu s žitného rozkvasu**

Další způsob, jak vyrobit konečný kvas s obdobnými vlastnostmi 3. stupně při klasickém třístupňové metodě vyvádění, je příprava žitného rozkvasu, do kterého se přidá po 2-2,5 hodinách zrání vyzrálý tekutý stabilizovaný kvas a promísí se. Vzniklý konečný kvas necháme ještě 15-30 minut zrát, a během této doby dojde k řadě žádoucích reakcí mezi přítomnými organickými kyselinami a etanolem [3].

## **4.2 Nevitální žitné kvasy**

Nevitální (neživé) kvasy jsou takové kvasy, které byly nejprve vitální (živé) a v průběhu výrobního procesu úmyslně inaktivovány tak, aby bylo ponecháno maximum chuťových a aromatických látek, a zároveň bylo možné je skladovat a využít k výrobě chleba kdykoliv v průběhu několika měsíců. Tyto kvasy jsou pekárnám dodávány specializovanými výrobci jako alternativa žitných kvasů nebo okyselujících pekařských přípravků [3].

### **4.2.1 Přirozeně fermentované**

K přeměně vitálních (živých) kvasů na nevitální (neživé) může dojít přirozeným způsobem. Mikroorganismy vystavené nepříznivým životním podmínkám postupně v průběhu doby hynou. Nepříznivé podmínky jsou ve vysoce přezrálých kvasech, v kterých může být hodnota přirozeně dosažené titrační kyselosti až 500 mmol/kg. V takových podmínkách většina původních mikroorganismů obsažených v kvasech hyne v průběhu několika týdnů a kvas se tím stává nevitální. Největším nebezpečím při této výrobě je možnost sekundární kontaminace plísněmi, které jsou schopny přežít i takto nízké pH [3].

#### 4.2.2 Uměle zkoncentrované

K dosažení nepříznivých životních podmínek pro kvasové mikroorganismy může být použit i přídavek vysoce koncentrované kyseliny mléčné, octové nebo jejich směsi tak, že konečná titrační kyselost kvasu dosáhne minimálně 500 mmol/kg. Jestliže kyselost uměle zkoncentrovaného kvasu bude vyšší než 700 mmol/kg, výsledný produkt již není nazýván kvasem, ale okyselujícím pekařským přípravkem. Tyto kvasy jsou pekárnám dodávány jako hotové produkt specializovanými výrobci jako surovina pro přímou výrobu chleba [3].

#### 4.2.3 Sušené

K prodloužení trvanlivosti přírodních kvasů se také používá šetrné sušení při teplotách 40 až 50 °C, aby se docílilo vlhkosti pod 10 %. Za těchto podmínek šetrného sušení nedochází k usmrcení mikroorganismů, ale jejich činnost je pozastavena z důvodu nízké vodní aktivity. Sušené kvasy se často používají do pekařských směsí pro pekařskou výrobu, kde zajišťují přírodní aromatické a chuťové látky včetně požadovaného okyselení. V některých případech jsou sušené kvasy určeny přímo pro zahajování výroby vitálních kvasů, v takovém případě mluvíme o tzv. startovacích kulturách [3, 20].

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 CÍL PRÁCE

Cílem této bakalářské práce bylo ověřit vliv vazby mezi rozdílnými postupy vedení kvasu na finální kvalitu vyrobeného chleba. Chlebová těsta byla kypřena žitným kvasem, sušeným žitným kvasem se sušeným droždím a samotným sušeným droždím. Součástí práce bylo:

- Pekařský pokus
- Stanovení ztrát pečením
- Stanovení specifického objemu
- Senzorické hodnocení
- Statistické vyhodnocení získaných dat
- Popis získaných výsledků a diskuse s literaturou, formulace závěru

## 6 POUŽITÉ METODY

V této části bude popsána příprava vzorků a jejich následné měření a senzorické hodnocení.

### 6.1 Pekařský pokus

Postup pekařského pokusu vycházel z metodiky ICC standardu č. 131. Principem pekařského pokusu bylo vyrobit tři vzorky s odlišným způsobem vedením těsta a zjistit vliv na konečný výrobek. Tabulky 2, 3, 4, zobrazují receptury složek a jejich množství.

**Tabulka 2:** Složky pekařského pokusu pro recepturu s nativním kvasem

| Složka                  | Hmotnost [g] |
|-------------------------|--------------|
| Pšeničná mouka chlebová | 340          |
| Žitná mouka chlebová    | 160          |
| Nativní kvas            | 280          |
| Voda                    | 320          |
| Sůl                     | 15           |
| Kmín                    | 7            |

**Tabulka 3:** Složky pekařského pokusu pro recepturu se sušeným kvasem a droždím

| Složka                  | Hmotnost [g] |
|-------------------------|--------------|
| Pšeničná mouka chlebová | 340          |
| Žitná mouka chlebová    | 160          |
| Sušené droždí           | 10           |
| Sušený kvas             | 15           |
| Voda                    | 350          |
| Sůl                     | 15           |
| Kmín                    | 7            |

**Tabulka 4:** Složky pekařského pokusu pro recepturu se sušeným droždím

| Složka                         | Hmotnost [g] |
|--------------------------------|--------------|
| <b>Pšeničná mouka chlebová</b> | 340          |
| <b>Žitná mouka chlebová</b>    | 160          |
| <b>Sušené droždí</b>           | 10           |
| <b>Ocet</b>                    | 5            |
| <b>Voda</b>                    | 400          |
| <b>Sůl</b>                     | 15           |
| <b>Kmín</b>                    | 7            |

**Suroviny pro výrobu chleba:**

Mouka hladká pšeničná chlebová (T1000) – Dodavatel: Makro, Výrobce: Goodmills Česko s.r.o., Praha, obchodní jakost uvedena v tabulce 5

Mouka hladká žitná chlebová (T930) – Dodavatel: Makro, Výrobce: Goodmills Česko s.r.o., Praha, obchodní jakost uvedena v tabulce 5

**Tabulka 5:** Obchodní jakost hladké pšeničné a žitné mouky chlebové [22, 23]

|                                       | <b>Pšeničná mouka chlebová</b><br>[%] | <b>Žitná mouka chlebová</b><br>[%] |
|---------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|
| <b>Obsah popela</b>                   | max. 1,15                             | max. 1,10                          |
| <b>Granulace (síta<br/>µm/propad)</b> | 257 / min. 96,0<br>162 / min. 75,0    | 257 / min. 96,0<br>206 / min. 75,0 |
| <b>Lepek v sušině</b>                 | min. 27,0                             | -                                  |

Sušené pekařské droždí – Dodavatel: Makro, Výrobce: Lesaffre Česko, a.s., Olomouc

Žitný kvásek sušený – Dodavatel: Makro, Výrobce: Dr.Oetker, s.r.o., Česká republika

Sůl (chlorid sodný) – Dodavatel: Makro, Výrobce: K+S Czech Republic a.s., závod Solné mlýny, Olomouc-Holice

Pitná voda

Metro Chef kmín celý – Dodavatel: Makro, Výrobce: MCC Trading International, Germany

Bzenecký ocet lihový – Dodavatel: Makro, Výrobce: OKL a.s., Bzenec



Nativní kvas – nativní kvas byl připraven z hladké žitné mouky chlebové (T930) a pitné vody

#### **Zařízení použité při výrobě:**

Kuchyňský robot – ETA Gratus 0028 90030 titanium, ETA a.s

Pec – MIWE cube: air, PEKASS s.r.o

Kynárna – PEKASS s.r.o

Váhy – KERN EW do 1500 g/0,01 g

#### **Postup přípravy bochníku**

Z recepturních složek podle tabulky 1, 2 a 3 bylo v kuchyňském robotu hněteno chlebové těsto, které se následně nechalo po dobu 3 hodin  $\pm$  15 minut fermentovat v kynárně při  $30 \pm 3$  °C a relativní vlhkosti  $75 \pm 5$  %. Těsto se poté rozdělilo na tři stejné klonky, které se prohnětlý, vytvarovaly do bochníků o vypočtené hmotnosti a vložily se do moukou předem vysypaných ošatek. V ošatce se následovně bochníky nechaly kynout dalších  $30 \pm 2$  minut v kynárně. Po dokynutí se bochníky vyndaly z ošatek, ometly od přebytečné mouky a daly péct. Bochníky byly pečeny při počáteční zapékací teplotě  $230 \pm 20$  °C po dobu  $5 \pm 1$  minut se zapařením, následně byla pec odvětrána a teplota snížena na vypékací teplotu  $180 \pm 10$  °C po dobu  $10 \pm 2$  minut.

Po vychladnutí byly hodnoceny ztráty pečením [%] a specifický objem [ $\text{cm}^3/\text{g}$ ] bochníku. Následně byly vzorky i sensoricky ohodnoceny.

## **6.2 Stanovení ztráty pečením**

Na laboratorních vahách KERN EW byla zjištěna hmotnost těsta před upečením a následně hmotnost vzorku po upečení. Z naměřených hodnot byly u vzorků spočítány ztráty pečením dle vzorce [13]:

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

Kde:  $m_t$  ... hmotnost těsta [kg]

$m_v$  ... hmotnost upečeného výrobku [kg]

## **6.3 Měření objemu**

Objem byl měřen využitím – Archimedova zákona

**Pomůcky**

Granulát o velikosti řepkového semene

2 kádinky o objemu 2000 cm<sup>3</sup>

Odměrný válec o objemu 500 cm<sup>3</sup>

Nálevka

Pravítko

Lavor

**Postup**

Kádinka byla přes nálevku naplněna granulátem o velikosti řepkového semene, který byl pomocí pravítka zarovnan s okrajem nádoby viz obrázek 1.



**Obrázek 1:** Kádinka naplněna granulátem

Následně byla z naplněné kádinky odsypána poměrná část granulátu do velkého lavoru. Poté byl vložen vychladlý upečený bochník do kádinky tak, aby se nedotýkal stran nádoby viz obrázek 2.



**Obrázek 2:** Bochník vložený do kádinky

Následně byl bochník opatrně zasypan přes nálevku odsypaným množstvím granulátu. Povrch byl opět zarovnan pomocí pravítka a ze zbytku granulátu, který byl odsypán z kádinky, byl přes nálevku nasypán do odměrného válce a změřen objem bochníku viz obrázek 3.



**Obrázek 3:** Měření objemu

Z naměřených objemů byl pro každý vzorek chleba vypočítán specifický objem ( $V_{sp}$ ) dle vztahu [24, 25]:

$$V_{sp} = \frac{V}{m} [\text{cm}^3/\text{g}]$$

Kde:  $V$  ... objem chleba [ $\text{cm}^3$ ]

$m$  ... hmotnost chleba [g]

#### **6.4 Senzorické hodnocení**

Senzorické hodnocení vzorků chleba probíhalo ve dvou dnech, a to ihned po vychladnutí v den upečení a následně po uplynutí  $24 \pm 2$  hodiny v laboratoři při teplotě  $20 \pm 2$  °C. K hodnocení byla použita nestrukturovaná grafická stupnice, na kterou byly výsledky zaznamenávány třemi hodnotiteli dle názoru odpovídajícímu intenzitě nebo příjemnosti vjemu. Při sensorické analýze byly hodnoceny atributy: vzhled a textura kůrky, vzhled a textura střídy, chuť a vůně. Sensorický dotazník viz příloha 1.

#### **6.5 Statistické vyhodnocení dat**

Data byla zpracována pomocí programu Statistica 13 společnosti StatSoft, Inc., ČR. Hladina významnosti byla zvolena  $\alpha = 0,05$ . Pro statistické vyhodnocení výsledků pekařského pokusu a sensorické analýzy chleba byla použita metoda jedno i vícefaktorové analýzy rozptylu – ANOVA.

## 7 VÝLEDKY A DISKUZE

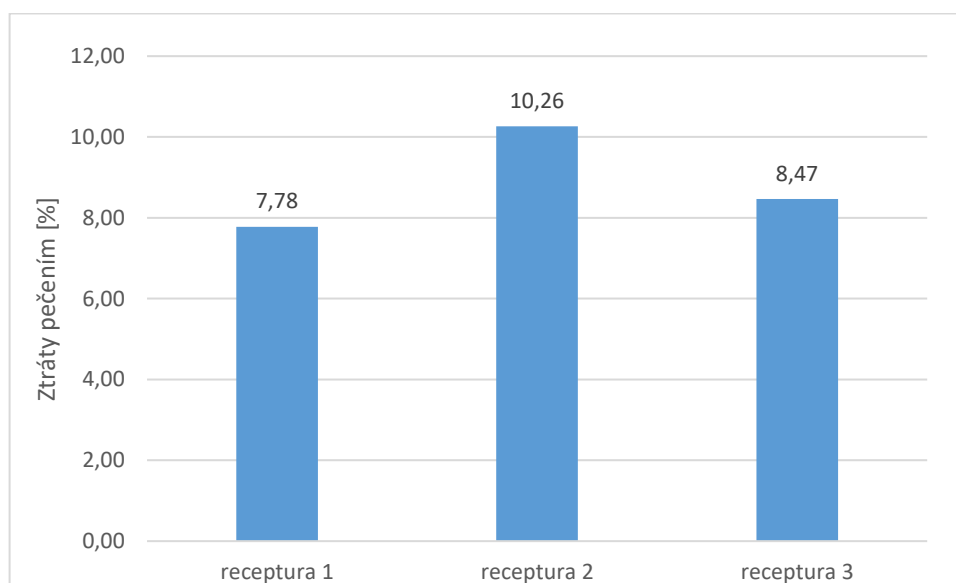
### 7.1 Vyhodnocení pekařského pokusu

Pekařským pokusem byl zkoumán vliv použitého kypření na ztráty pečením a specifický objem chleba.

#### 7.1.1 Ztráty pečením

Během pečení dochází k řadě fyzikálních, chemických a biologických změn, jako odpařování vody, tvorba porézní struktury, expanze objemu, denaturace bílkovin, mazovatění škrobu, tvorba kůrky atd. Celkový odpar vody závisí na tvaru a hmotnosti výrobku, době a teplotě pečení, vlhkosti těsta, druhu zpracovávané mouky apod. Denaturace bílkovin a mazovatění škrobu ovlivňuje difúzi vody jejím uvolňováním a absorpcí. Vyšší teplota povrchu těsta a postupné prostupování tepla ke středu těsta má za následek zvýšení obsahu vody ve středu bochníku v důsledku odpařování a kondenzace [13, 26].

Ztráty pečením (obrázek 4) byly ovlivněny způsobem kypření chlebového těsta. K nejvyšším ztrátám pečením došlo u chleba upečeného dle receptury 2 kypřeného sušeným kvasem a sušeným droždím (10,26 %), který měl statisticky nejvyšší ztráty pečením. Tato hodnota ztrát pečením se statisticky významně lišila od ostatních způsobů kypření. Nejnižší ztráty pečením měl chleba upečený dle receptury 1 kypřený nativním kvasem (7,78 %) a bez statisticky průkazného rozdílu měl ztráty pečením i chleba upečený dle receptury 3 kypřený sušeným droždím (8,47 %).



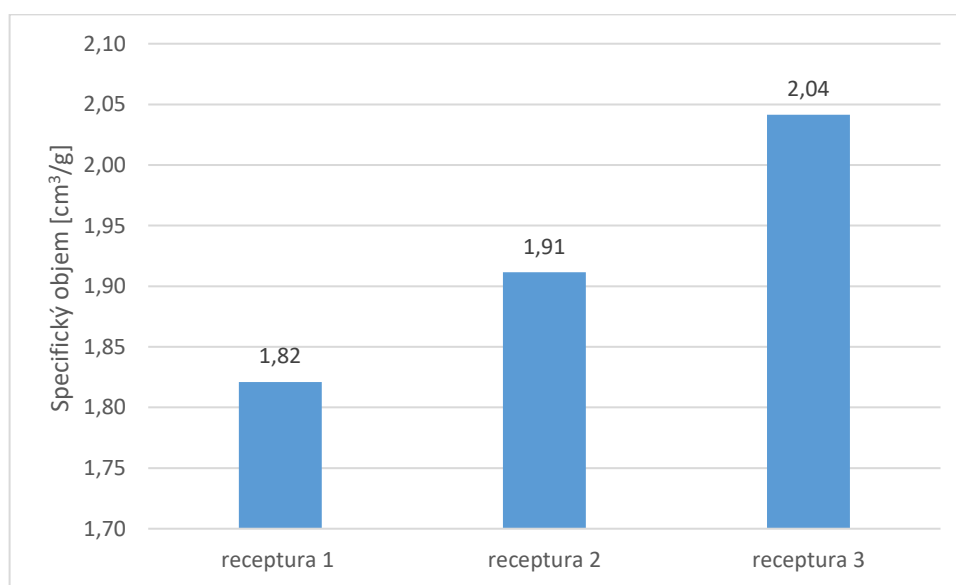
**Obrázek 4:** Graf ztráty pečením v závislosti na použité receptuře

Chleby kypřené žitným kvasem se vyznačují nižšími ztrátami pečením než chleby kypřené pekařským droždím. Aktivitou bakterií mléčného kvašení v žitných kvasech dochází k okyselení těsta, hydrolýze škrobu a degradaci lepkových bílkovin což má za následek zvýšení vaznosti vody. V sušených kvasech dochází v důsledku sušení ke snižování celkového počtu mikroorganismů. Proto sušené kvasy nemají schopnost vázat vodu stejně jako nativní kvasy [1, 8, 21, 27]. Dle Šedivý et al. [3] se ztráty pečením u chleba pohybují od 10 do 18 %. Kučerová [13] uvádí ztráty pečením 10–15 %, kdy žitné chleby a větší chleby mají relativně nižší ztráty pečením.

### 7.1.2 Specifický objem

Specifický objem je jedním z nejdůležitějších ukazatelů technologické kvality chleba [25].

Ze statistického hlediska byl specifický objem (obrázek 5) ovlivněn způsobem kypření chlebového těsta. Nejvyšší specifický objem byl naměřen u chleba připraveného dle receptury 3 kypřené sušeným droždím (2,04 cm<sup>3</sup>/g). Nižší specifický objem byl naměřen u chleba připraveného dle receptury 2 kypřené sušeným kvasem a sušeným droždím (1,91 cm<sup>3</sup>/g). Nejnižší specifický objem byl naměřen u chleba připraveného dle receptury 1 kypřené nativním kvasem (1,82 cm<sup>3</sup>/g).



**Obrázek 5:** Graf změny specifického objemu v závislosti na použité receptuře

Specifický objem chleba je ovlivněn bílkovinou strukturou chlebového těsta a schopností zadržovat produkovaný CO<sub>2</sub>. Důležitá je také rovnováha mezi viskozitou a pružností chlebového těsta. V chlebu kypřené žitným kvasem je CO<sub>2</sub> produkovan kvasinkami i bakteriemi mléčného kvašení. Bakterie mléčného kvašení produkují i kyselinu mléčnou

která snižuje v chlebovém těstě pružnost a viskozitu a tím negativně ovlivňuje zadržování plynu v těstě a celkový objem chleba. Biochemické procesy kvasinek žitného kvasu jsou odlišná od kvasinek pekařských. Při kypření sušeným kvasem a sušeným droždím dochází v důsledku snižování pH činností bakterií mléčného kvašení obsažených v kvasu k částečné inhibici produkce CO<sub>2</sub> pekařskými kvasinkami [1, 4, 12, 21, 27]. Pentikäinen, Saara et al. [28] uvádí specifický objem u žitného chleba  $2,0 \pm 0,1 \text{ cm}^3/\text{g}$ . Nasir, Sahreen et al. [29] uvádí specifický objem pšeničného chleba  $3,32 \pm 0,04 \text{ cm}^3/\text{g}$ . Specifický objem pšeničných chlebů je vyšší, jelikož pšeničná mouka má lepší viskoelastické vlastnosti lepkových bílkovin oproti žitné mouce, a dokáže tak zadržet větší množství vznikajících plynů během fermentace [28].

## 7.2 Vyhodnocení sensorické analýzy

Statistické vyhodnocení sensorické analýzy vzorků chleba dle preferencí hodnotitelů (obrázek 6,7,8).



**Obrázek 6:** Vzorek chleba kypřený nativním kvasem



**Obrázek 7:** Vzorek chleba kypřený sušeným kvasem a sušeným droždím

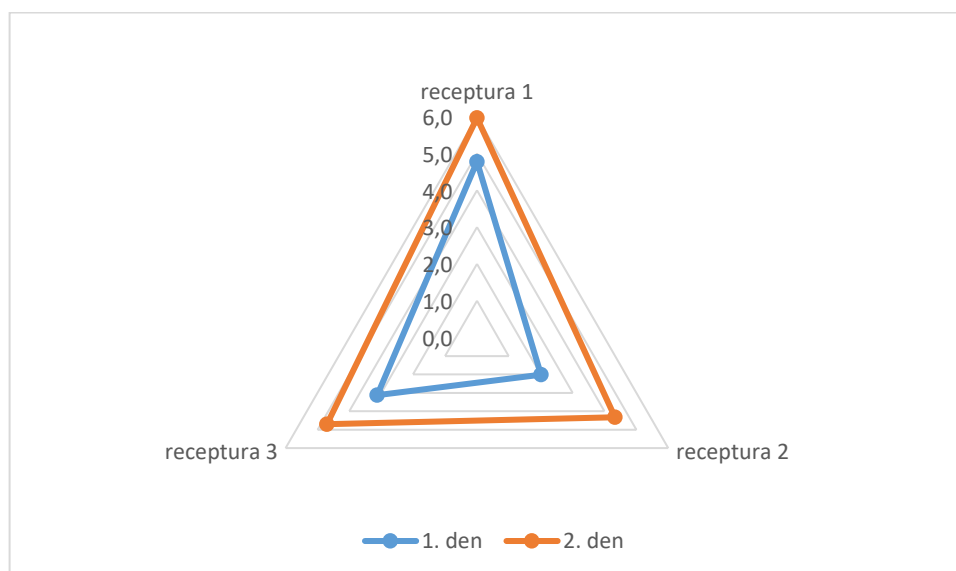


**Obrázek 8:** Vzorek chleba kypřený sušeným droždím



### 7.2.1 Lesk kůrky

Vzorky byly hodnotiteli hodnoceny první a druhý den odlišně, během skladování docházelo ke zvyšování lesku kůrky. Vzorky se statisticky lišily i dle použitého kypření (obrázek 9). Nejintenzivnější lesk kůrky měl druhý den vzorek chleba vyrobený dle receptury 1 kypřený nativním kvasem. Méně intenzivní lesk kůrky měly dle hodnotitelů vzorky chleba vyrobené dle receptury 2 kypřené sušeným kvasem a sušeným droždím a dle receptury 3 kypřené sušeným droždím hodnocené druhý den. Hodnocení těchto vzorků bylo statisticky bez rozdílu, shodné hodnocení měl i vzorek chleba vyrobený dle receptury 1 kypřený nativním kvasem hodnocený první den. Nejhůře hodnocený byl vzorek chleba hodnocený hodnotiteli první den vyrobený dle receptury 2 kypřený sušeným kvase a sušeným droždím, který měl kůrku spíše matnou. Druhý nejhůře hodnocený vzorek chleba byl vyrobený dle receptury 3 kypřený sušeným droždím hodnocený hodnotiteli první den.



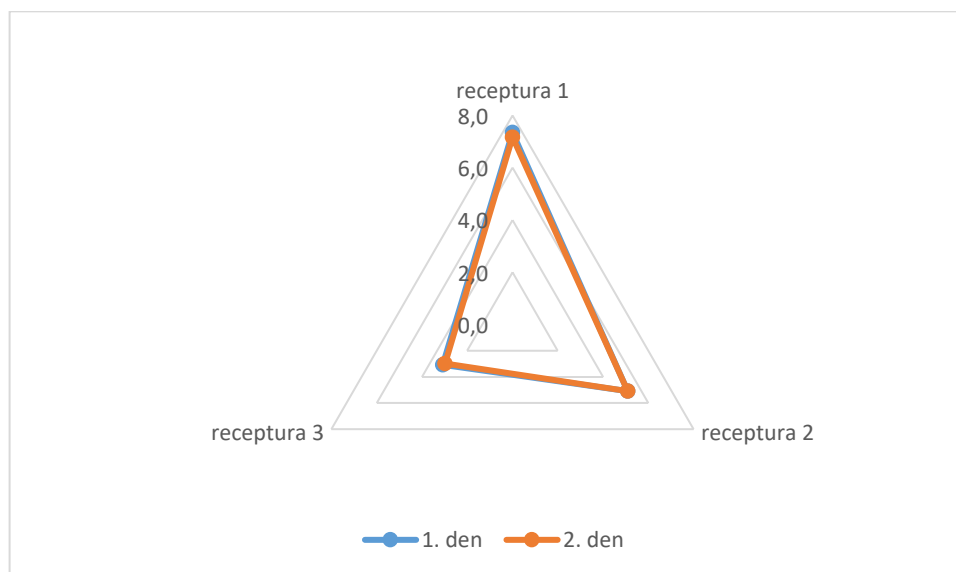
**Obrázek 9:** Sensorické vyhodnocení lesku kůrky

Během chladnutí a skladování chleba dochází k přesunu vlhkosti ze středy do kůrky. Kůrka se tak s vyšším obsahem vody stává lesklejší a ztrácí svou křupavost [30].

### 7.2.2 Barva kůrky

Vzorky byly hodnotiteli hodnoceny v obou dnech shodně, v průběhu skladování tedy nedocházelo ke změně barvy. Vzorky se statisticky lišily jen dle použitého kypření (obrázek 10). Nejlépe hodnocený byl vzorek chleba vyrobený dle receptury 1 kypřený nativním kvasem, který měl podle hodnotitelů nejvíce intenzivní barvu kůrky. Vzorek chleba vyrobený dle receptury 2 kypřený sušeným kvasem a sušeným droždím byl hodnocen o něco

hůře. Nejhůře hodnocený byl vzorek chleba vyrobený dle receptury 3 kypřený sušeným droždím který měl dle hodnotitelů nejsvětlejší barvu kůrky.

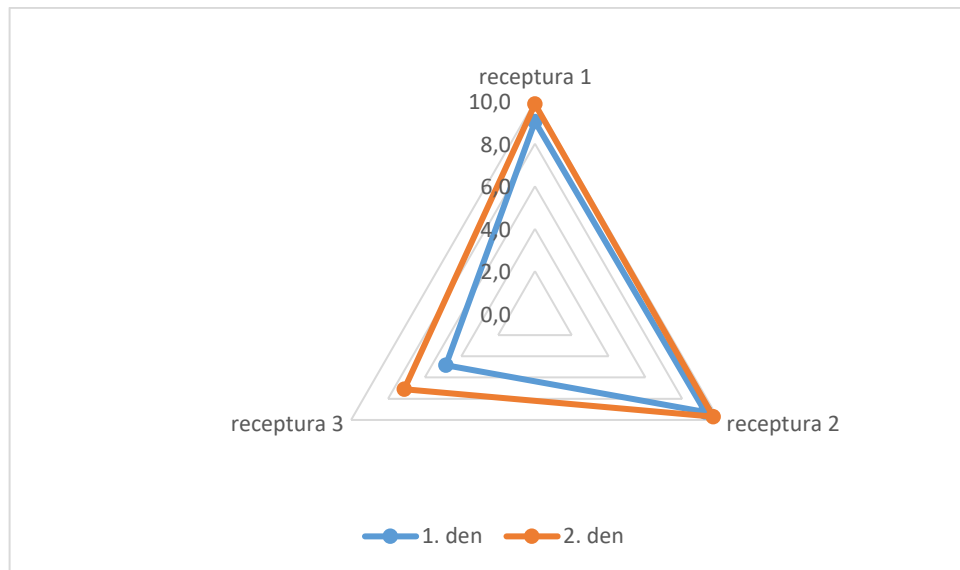


**Obrázek 10:** Senzorické hodnocení barvy kůrky

Barva kůrky je ovlivněna Maillardovými reakcemi probíhajícími během pečení a karamelizací cukrů, která je závislá na teplotě a aktivitě vody [31, 32].

### 7.2.3 Rovnoměrnost vzhledu kůrky

Vzorky byly hodnotiteli hodnoceny první a druhý den odlišně, během skladování docházelo ke změně rovnoměrnosti vzhledu kůrky. Vzorky se statisticky lišily i dle použitého kypření (obrázek 11). Nejvíce popraskanou kůrku s nepravidelným zbarvením měl podle hodnotitelů vzorek chleba vyrobený dle receptury 1 kypřený nativním kvasem hodnocený druhý den. Bez statisticky průkazného rozdílu byl shodně hodnocen i vzorek chleba v obou dnech hodnocení vyrobený dle receptury 2 kypřený sušeným kvasem a sušeným droždím. Bez statisticky průkazného rozdílu mezi vzorky vyrobenými dle receptury 2 hodnocenými v obou dnech byl hodnocen i vzorek chleba vyrobený dle receptury 1 kypřený nativním kvasem hodnocený první den. Nejvíce rovnoměrné zbarvení kůrky bez výrazného popraskání měl dle hodnotitelů první den vzorek chleba vyrobený dle receptury 3 kypřený sušeným droždím. Druhý den byl tento vzorek chleba hodnocen o něco hůře.

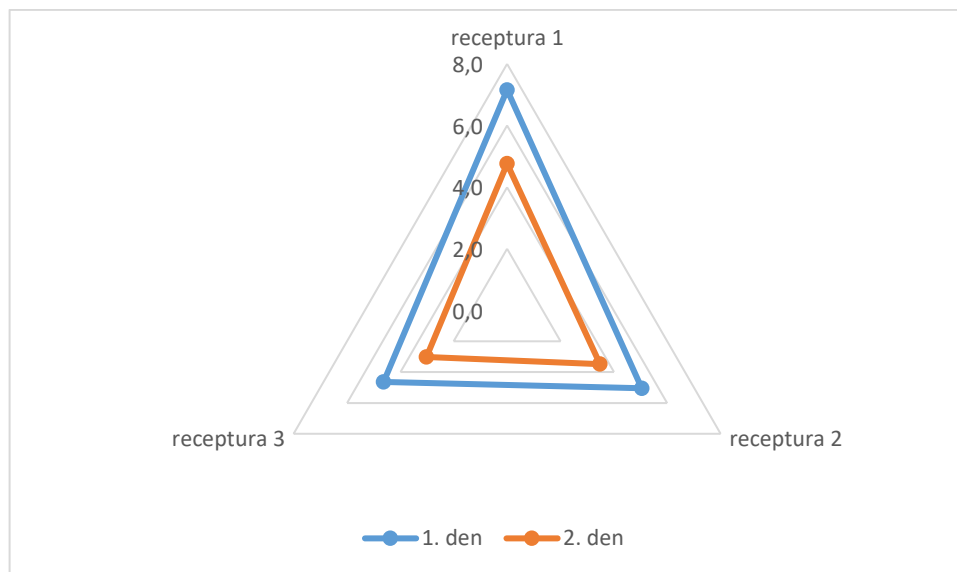


**Obrázek 11:** Sensorické hodnocení rovnoměrnosti vzhledu kůrky

V počáteční fázi pečení chleba je do pece vstřikována pára, která kondenzuje na povrchu těsta a tím ho zvlhčuje. Škrob na povrchu chlebového těsta bobtná a následně vlivem vysoké teploty mazovatí a vyváří tak na povrchu pružnou blánu. Během zvětšování objemu tedy nedochází k výraznému popraskání povrchu. Po zapaření se pára vede odtahy pryč z pečicího prostoru [3, 12].

#### 7.2.4 Textura kůrky

Vzorky byly hodnotiteli hodnoceny první a druhý den odlišně, během skladování docházelo ke zhoršení textury kůrky. Vzorky se statisticky lišily i dle použitého kypření (obrázek 12). Nejvíce křupavou kůrku měl podle hodnotitelů první den vzorek chleba vyrobený dle receptury 1 kypřený nativním kvasem. Vzorek chleba vyrobený dle receptury 2 kypřený sušeným kvasem a sušeným droždím byl hodnotiteli první den hodnocen hůře než vzorek chleba vyrobený dle receptury 1, měl tedy méně křupavou kůrku. Bez statisticky průkazného rozdílu byly hodnoceny vzorky chleba vyrobené dle receptury 1 kypřené nativním kvasem hodnoceny hodnotiteli druhý den a dle receptury 3 kypřené sušeným droždím hodnoceny první den. Nejhůře hodnocený byl vzorek chleba vyrobený dle receptury 3 kypřený sušeným droždím hodnocený hodnotiteli druhý den u kterého se textura kůrky jevila spíše jako kožovitá. Druhý nejhůře hodnocený vzorek chleba byl vyrobený dle receptury 2 kypřený sušeným kvasem a sušeným droždím hodnocený druhý den.

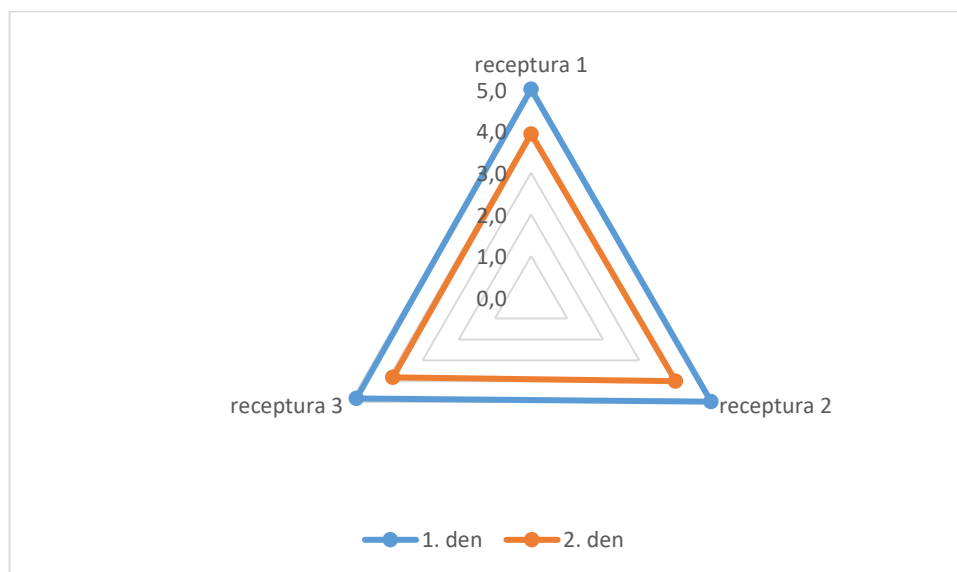


**Obrázek 12:** Senzorické hodnocení textury kůrky

V průběhu pečení dochází k odpařování vody z povrchu bochníku a vzniká tak křupavá kůrka. Během chladnutí a skladování chleba dochází k přesunu vlhkosti ze střídy k povrchu a kůrka se tím stává kožovitá [32, 33].

### 7.2.5 Lesk střídy

Vzorky byly hodnotiteli hodnoceny první a druhý den odlišně, během skladování docházelo ke ztrátě lesku střídy. U vzorků nebyl statisticky pozorován rozdíl dle použité receptury (obrázek 13). Nejvyšší intenzitu lesku střídy vykazovaly bez statisticky průkazného rozdílu vzorky chleba, které byly hodnotiteli hodnoceny první den. Druhý den byly vzorky hodnoceny hodnotiteli jako více matné.

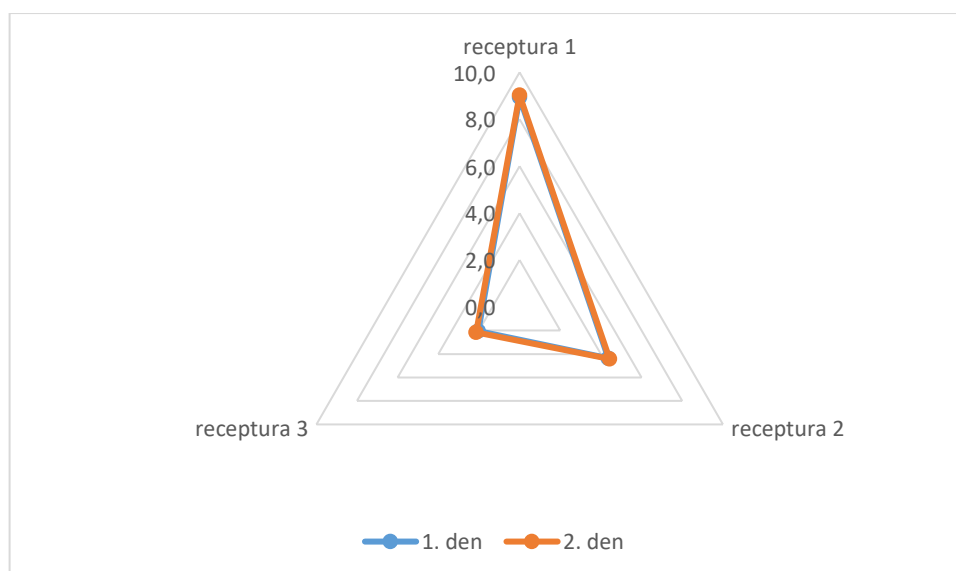


**Obrázek 13:** Senzorické hodnocení lesku střídy

Během chlazení a skladování chleba dochází k přesunu vlhkosti ze střídy do kůrky. Střída tak ztrácí svoji vlhkost, a tím se jeví matnější [30].

### 7.2.6 Velikost pórů střídy

Vzorky byly hodnotiteli hodnoceny v obou dnech stejně, v průběhu skladování tedy nedocházelo ke změně velikosti pórů (obrázek 14). Vzorky se statisticky lišily jen dle použitého kypření. Nejlépe hodnocený byl vzorek chleba vyrobený dle receptury 1 kypřený nativním kvasem, který měl podle hodnotitelů největší velikost pórů. Vzorek chleba vyrobený dle receptury 2 kypřený sušeným kvasem a sušeným droždím měl podle hodnotitelů velikost pórů menší. Nejmenší velikost pórů podle hodnotitelů měl vzorek chleba vyrobený dle receptury 3 kypřený sušeným droždím.



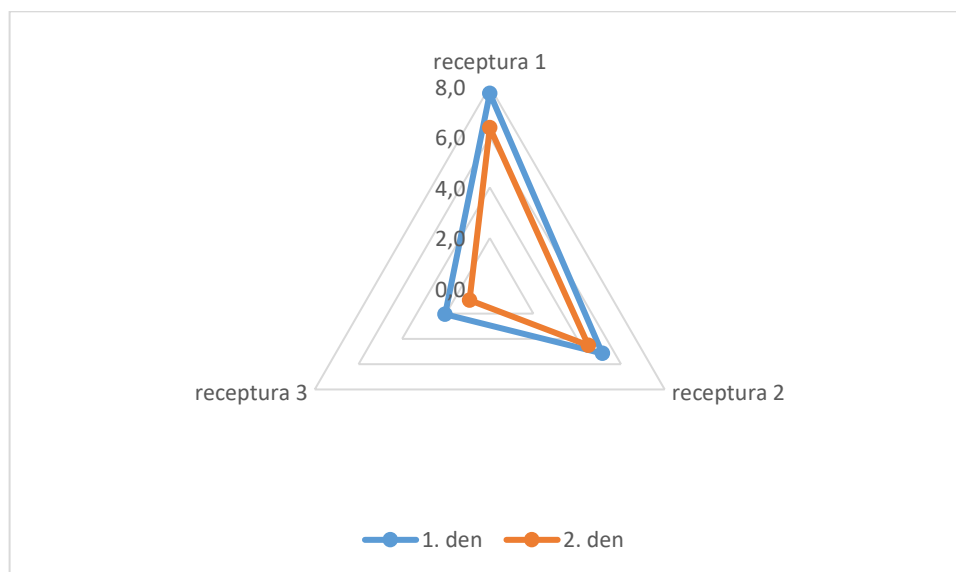
**Obrázek 14:** Sensorické hodnocení velikosti pórů střídy

Velikost pórů je ovlivněna tvorbou kypřících plynů a schopností těsta plyn zadržovat [4].

### 7.2.7 Pružnost střídy

Vzorky byly hodnotiteli hodnoceny první a druhý den odlišně, během skladování docházelo ke snižování pružnosti střídy. Vzorky se statisticky lišily i dle použitého kypření (obrázek 15). Nejlépe hodnocený byl vzorek chleba vyrobený dle receptury 1 kypřený nativním kvasem, který měl podle hodnotitelů první den měkkou a ideálně žvýkatelnou texturu střídy. Druhý den došlo dle hodnotitelů ke zhoršení pružnosti střídy. O něco hůře byl hodnocen vzorek chleba vyrobený dle receptury 2 kypřený sušeným kvasem a sušeným droždím, který byl stejně jako předešlý vzorek chleba lépe hodnocený první den. Nejhorší hodnocený vzorek

chleba byl vyrobený dle receptury 3 kypřený sušeným kvasem, který měl podle hodnotitelů spíše tuhou a drobnou střídu.

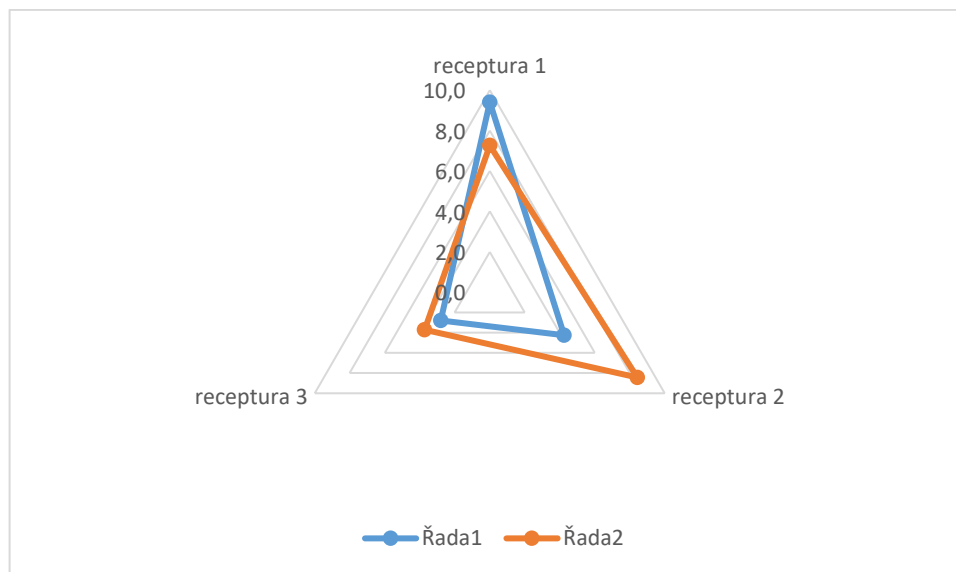


**Obrázek 15:** Senzorické hodnocení pružnosti střídy

Ztráty pružnosti střídy jsou způsobeny retrogradací škrobu v průběhu skladování, což vede ke ztrátě čerstvosti a zvýšení tvrdosti chleba [4].

### 7.2.8 Intenzita chuti

Vzorky byly hodnotiteli hodnoceny první a druhý den odlišně, v průběhu skladování tedy docházelo ke změně chuti. Vzorky se statisticky lišily i dle použitého kypření (obrázek 16). Nejlépe hodnocený byl vzorek chleba vyrobený dle receptury 1 kypřený nativním kvasem hodnocený hodnotiteli první den, měl tedy nejpříjemnější chuť typickou pro směsné pšeničnožitné pečivo. Druhý nejlépe hodnocený vzorek chleba byl vyrobený dle receptury 2 kypřený sušeným kvasem a sušeným droždím hodnocený hodnotiteli druhý den. O něco hůře byl hodnocený vzorek chleba vyrobený dle receptury 1 kypřený nativním kvasem hodnocený hodnotiteli druhý den. Čtvrtý nejlépe hodnocený vzorek chleba byl vyrobený dle receptury 2 kypřený sušeným kvasem a sušeným droždím který hodnotitelé hodnotili první den. Nejhorše hodnocený vzorek chleba byl vyrobený dle receptury 3 kypřený sušeným droždím hodnocený hodnotiteli první den, hodnotitelé hodnotili tento vzorek chleba jako s nejméně výraznou chutí. Druhý nejhorše hodnocený vzorek chleba byl vyrobený dle receptury 3 kypřený sušeným droždím hodnocený druhý den.

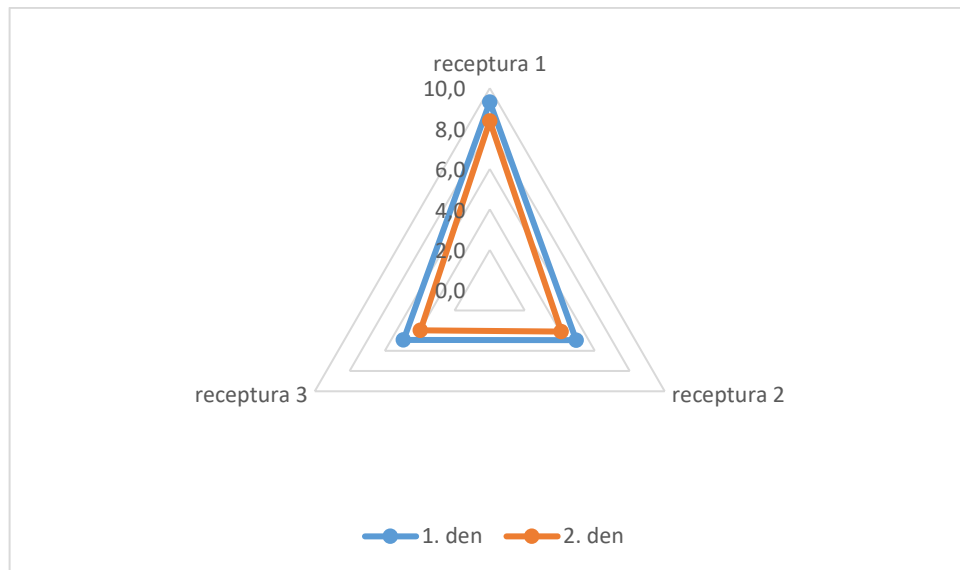


**Obrázek 16:** Senzorické hodnocená intenzity chuti

Chuť chleba je ovlivněna především aktivitou bakterií mléčného kvašení a kvasinek, které během fermentace produkují aromatické sloučeniny. Kváskové chleby mají díky značně delší době fermentace lepší chuť oproti chlebu kypřeného droždím [21].

### 7.2.9 Intenzita vůně

Vzorky byly hodnotiteli hodnoceny první a druhý den odlišně, během skladování docházelo ke změně intenzity vůně. Vzorky se statisticky lišily i dle použitého kypření (obrázek 17). Nejvíce typickou vůni pro pšeničnožitné pečivo měl podle hodnotitelů první den vzorek chleba vyrobený dle receptury 1 kypřený nativním kvasem. Druhý den byl tento vzorek chleba hodnocen hodnotiteli s méně intenzivní vůní. O něco hůře byly bez statisticky průkazného rozdílu hodnoceny první den vzorky chlebů vyrobené dle receptury 2 kypřené sušeným kvasem a sušeným droždím a dle receptury 3 kypřené sušeným droždím. Tyto vzorky chleba byly druhý den hodnoceny opět bez statisticky průkazného rozdílu spíše jako bez výrazné vůně.



**Obrázek 17:** Sensorické hodnocení intenzity vůně

Aromatické sloučeniny jsou produkovány během fermentace chlebového těsta kvasinkami a bakteriemi mléčného kvašení, oxidací lipidů a reakcemi probíhajícími během pečení zejména Maillardových a karamelizačních reakcí. Také recepturní složení přispívá k celkové vůni chleba. Při fermentaci kvasem jsou produkovány aromatické sloučeniny především ve střídě, zatímco aromatické produkty pocházející z tepelných reakcí převažují v kůrce [19, 31].



## ZÁVĚR

Experimentálně bylo zjišťováno, jak způsob kypření žitným (nativním) kvasem, sušeným kvasem se sušeným droždím a samotné sušené droždí ovlivňuje kvalitu vyrobeného chleba. Vzorky chleba byly upečeny a následně byly hodnoceny ztráty pečením, specifický objem a bylo provedeno senzorické hodnocení a výsledky byly mezi sebou porovnány.

Bylo zjištěno, že způsob kypření chlebového těsta ovlivňuje sledované parametry. K nejvyšším ztrátám pečením došlo u vzorku chleba kypřeného sušeným kvasem a sušením droždím, oproti tomu nejnižší ztráty pečením vykazoval vzorek chleba kypřený žitným kvasem. Chleby kypřené žitným kvasem se obecně vyznačují nižšími ztrátami pečení, jelikož aktivitou bakterií mléčného kvašení dochází k okyselení těsta, a to ovlivňuje technologické vlastnosti a zvyšuje vaznost vody. Nejvyšší specifický objem byl naměřen u chleba kypřeného sušeným droždím, jelikož pekařské kvasinky mají lepší fermentační vlastnosti než kvasinky v žitných kvasech. Způsob kypření ovlivnil i senzorické vlastnosti vyrobených chlebů. Způsob kypření u vzorků ovlivnil lesk kůrky, barvu kůrky, rovnoměrnost vzhledu kůrky, texturu kůrky, velikost pórů střídy, pružnost střídy, chuť i vůni chleba. Způsobem kypření nebyl statisticky průkazně ovlivněn lesk kůrky. Z preferencí hodnotitelů bylo zjištěno, že nejlepší senzorické vlastnosti vykazuje vzorek chleba kypřený žitným (nativním) kvasem.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] BUREŠOVÁ, Iva a Eva LORENCOVÁ. Výroba potravin rostlinného původu: zpracování obilovin. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2013. ISBN 978-80-7454-278-7.
- [2] GÄNZLE, Michael G. a Jinshui ZHENG. Lifestyles of sourdough lactobacilli – Do they matter for microbial ecology and bread quality?. *International Journal of Food Microbiology* [online]. 2019, 302, 15-23 [cit. 2022-02-19]. ISSN 01681605. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2018.08.019.
- [3] ŠEDIVÝ, Petr a Jaroslav ALBRECHT, 2014. Pekařská technologie. Praha: Odborné nakladatelství a vydavatelství Pekař a cukrář. Knižnice Pekaře a cukráře. ISBN 978-80-905481-0-7.
- [4] HEITMANN, Mareile, Emanuele ZANNINI a Elke K. ARENDT, 2015. Impact of different beer yeasts on wheat dough and bread quality parameters. *Journal of Cereal Science* [online]. 63, 49-56 [cit. 2022-05-04]. ISSN 07335210. Dostupné z: doi:10.1016/j.jcs.2015.02.008.
- [5] ALBAGLI, Gabriel et al., 2021. How dried sourdough starter can enable and spread the use of sourdough bread. *LWT* [online]. 149 [cit. 2022-05-07]. ISSN 00236438. Dostupné z: doi:10.1016/j.lwt.2021.111888.
- [6] HANSEN, A. a P. SCHIEBERLE, 2005. Generation of aroma compounds during sourdough fermentation: applied and fundamental aspects. *Trends in Food Science & Technology* [online]. 16(1-3), 85-94 [cit. 2022-04-12]. ISSN 09242244. Dostupné z: doi:10.1016/j.tifs.2004.03.007
- [7] MIHULKA, Stanislav. Chléb v proměnách staletí. Potravinářská komora ČR [online]. 2009 [cit. 2022-04-15]. Dostupné z: <https://www.cz-test.cz/clanek/chleb-v-promenach-staleti#>
- [8] ARENDT, Elke K., Liam A.M. RYAN a Fabio DAL BELLO, 2007. Impact of sourdough on the texture of bread. *Food Microbiology* [online]. 24(2), 165-174 [cit. 2022-04-12]. ISSN 07400020. Dostupné z: doi:10.1016/j.fm.2006.07.011
- [9] CORSETTI, Aldo a Luca SETTANNI, 2007. Lactobacilli in sourdough fermentation. *Food Research International* [online]. 40(5), 539-558 [cit. 2022-04-12]. ISSN 09639969. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodres.2006.11.001

- [10] CLARKE, Charmaine I. a Elke K. ARENDT, 2005. A Review of the Application of Sourdough Technology to Wheat Breads [online]. Elsevier, s. 137-161 [cit. 2022-04-12]. Advances in Food and Nutrition Research. ISBN 9780120164493. Dostupné z: doi:10.1016/S1043-4526(05)49004-X
- [11] ŠEDIVÝ, Petr et al., 2013. Pekařská technologie I.: Suroviny. Praha: Odborné nakladatelství a vydavatelství Pekař a cukrář. ISBN 978-80-903913-7-6.
- [12] HRABĚ, Jan, Otakar ROP a Ignác HOZA. Technologie výroby potravin rostlinného původu: bakalářský stupeň. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2005 [i.e. 2006]. ISBN 80-7318-372-2
- [13] KUČEROVÁ, Jindřiška. Technologie cereálií. Druhé přepracované vydání. V Brně: Mendelova univerzita, 2016. ISBN 978-80-7509-442-1.
- [14] SLUKOVÁ, Marcela, Pavel SKŘIVAN a Marie HRUŠKOVÁ. Cereální chemie a technologie: zpracování obilovin – mlýnská a těstárenská výroba. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2017. ISBN 9788075920003.
- [15] VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ. Chemie potravin. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009. ISBN 978-80-86659-15-2
- [16] HAMPL, Bohuš. Přehled potravinářského a kvasného průmyslu: vysokoškolská učebnice. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1962. Obecná chemická technologie.
- [17] SAKANDAR, Hafiz Arbab et al., 2019. Sourdough bread: A contemporary cereal fermented product. Journal of Food Processing and Preservation [online]. 43(3) [cit. 2022-04-09]. ISSN 0145-8892. Dostupné z: doi:10.1111/jfpp.13883
- [18] WOOD, B.J.B., 2003. BREAD | Sourdough Bread. Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition [online]. Elsevier, s. 638-642 [cit. 2022-05-04]. ISBN 9780122270550. Dostupné z: doi:10.1016/B0-12-227055-X/00123-1
- [19] PÉTEL, Cécile, Bernard ONNO a Carole PROST, 2017. Sourdough volatile compounds and their contribution to bread: A review. Trends in Food Science & Technology [online]. 59, 105-123 [cit. 2022-04-11]. ISSN 09242244. Dostupné z: doi:10.1016/j.tifs.2016.10.015
- [20] DECOCK, Pieter a Stefan CAPPELLE, 2005. Bread technology and sourdough technology. Trends in Food Science & Technology [online]. 16(1-3), 113-120 [cit. 2022-03-29]. ISSN 09242244. Dostupné z: doi:10.1016/j.tifs.2004.04.012

- [21] CHAVAN, Rupesh S. a Shraddha R. CHAVAN, 2011. Sourdough Technology-A Traditional Way for Wholesome Foods: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* [online]. 10(3), 169-182 [cit. 2022-05-04]. ISSN 15414337. Dostupné z: doi:10.1111/j.1541-4337.2011.00148.x
- [22] GoodMills Professional [online]. Česko [cit. 2022-03-08]. Dostupné z: <http://www.goodmillsprofessional.cz/psenicna-mouka-hladka-chlebova-t1000/>
- [23] GoodMills Professional [online]. Česko [cit. 2022-03-08]. Dostupné z: <http://www.goodmillsprofessional.cz/zitna-mouka-hladka-chlebova-t930/>
- [24] PAULINE, Mounjouenpou et al., 2020. Physico-chemical and nutritional characterization of cereals brans enriched breads. *Scientific African* [online]. 7 [cit. 2022-03-29]. ISSN 24682276. Dostupné z: doi:10.1016/j.sciaf.2019.e00251
- [25] MONTEIRO, Jordanna S. et al., 2021. A Systematic Review on Gluten-Free Bread Formulations Using Specific Volume as a Quality Indicator. *Foods* [online]. 10(3) [cit. 2022-04-13]. ISSN 2304-8158. Dostupné z: doi:10.3390/foods10030614
- [26] MONDAL, Arpita a A.K. DATTA, 2008. Bread baking – A review. *Journal of Food Engineering* [online]. 86(4), 465-474 [cit. 2022-03-22]. ISSN 02608774. Dostupné z: doi:10.1016/j.jfoodeng.2007.11.014
- [27] CAGLAR, Nagihan, Ertan ERMIS a Muhammed Zeki DURAK, 2021. Spray-dried and freeze-dried sourdough powders: Properties and evaluation of their use in breadmaking. *Journal of Food Engineering* [online]. 292 [cit. 2022-05-07]. ISSN 02608774. Dostupné z: doi:10.1016/j.jfoodeng.2020.110355
- [28] PENTIKÄINEN, Saara et al., 2014. Effects of wheat and rye bread structure on mastication process and bolus properties. *Food Research International* [online]. 66, 356-364 [cit. 2022-04-13]. ISSN 09639969. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodres.2014.09.034
- [29] NASIR, Sahreen et al., 2020. Physical, Textural, Rheological, and Sensory Characteristics of Amaranth-Based Wheat Flour Bread. *International Journal of Food Science* [online]. 2020, 1-9 [cit. 2022-04-13]. ISSN 2314-5765. Dostupné z: doi:10.1155/2020/8874872
- [30] MAGALA, Michal, Zlatica KOHAJDOVÁ a Jolana KAROVIČOVÁ, 2011. Staling of bakery products. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences* [online]. 5(2), 49-54 [cit. 2022-05-08]. ISSN 1337-0960. Dostupné z: doi:10.5219/124

- [31] CALLEJO, MARÍA JESÚS, 2011. PRESENT SITUATION ON THE DESCRIPTIVE SENSORY ANALYSIS OF BREAD. *Journal of Sensory Studies* [online]. 26(4), 255-268 [cit. 2022-03-19]. ISSN 08878250. Dostupné z: doi:10.1111/j.1745-459X.2011.00341.x
- [32] DEBONNE, Els et al., 2017. Impact of par-baking and storage conditions on the quality of par-baked and fully baked bread. *LWT* [online]. 78, 16-22 [cit. 2022-05-03]. ISSN 00236438. Dostupné z: doi:10.1016/j.lwt.2016.12.021
- [33] VANIN, F.M., T. LUCAS a G. TRYSTRAM, 2009. Crust formation and its role during bread baking. *Trends in Food Science & Technology* [online]. 20(8), 333-343 [cit. 2022-05-03]. ISSN 09242244. Dostupné z: doi:10.1016/j.tifs.2009.04.001

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

|          |                          |
|----------|--------------------------|
| př.n.l.  | Před naším letopočtem    |
| tzv.     | Takzvaně                 |
| V        | Výtěžnost                |
| KTJ      | Kolonie tvořící jednotku |
| č.       | Číslo                    |
| $Z_p$    | Ztráty pečením           |
| $V_{sp}$ | Specifický objem         |
| atd.     | A tak dále               |

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

|  |    |
|--|----|
| <b>Obrázek 1:</b> Kádinka naplněna granulátem .....                                      | 34 |
| <b>Obrázek 2:</b> Bochník vložený do kádinky .....                                       | 35 |
| <b>Obrázek 3:</b> Měření objemu.....   | 35 |
| <b>Obrázek 4:</b> Graf ztráty pečením v závislosti na použité receptuře.....             | 37 |
| <b>Obrázek 5:</b> Graf změny specifického objemu v závislosti na použité receptuře ..... | 38 |
| <b>Obrázek 6:</b> Vzorek chleba kypřený nativním kvasem .....                            | 40 |
| <b>Obrázek 7:</b> Vzorek chleba kypřený sušeným kvasem a sušeným droždím.....            | 40 |
| <b>Obrázek 8:</b> Vzorek chleba kypřený sušeným droždím.....                             | 40 |
| <b>Obrázek 9:</b> Sensorické vyhodnocení lesku kůrky .....                               | 41 |
| <b>Obrázek 10:</b> Sensorické hodnocení barvy kůrky .....                                | 42 |
| <b>Obrázek 11:</b> Sensorické hodnocení rovnoměrnosti vzhledu kůrky .....                | 43 |
| <b>Obrázek 12:</b> Sensorické hodnocení textury kůrky .....                              | 44 |
| <b>Obrázek 13:</b> Sensorické hodnocení lesku střídy .....                               | 44 |
| <b>Obrázek 14:</b> Sensorické hodnocení velikosti pórů střídy.....                       | 45 |
| <b>Obrázek 15:</b> Sensorické hodnocení pružnosti střídy.....                            | 46 |
| <b>Obrázek 16:</b> Sensorické hodnocení intenzity chuti .....                            | 47 |
| <b>Obrázek 17:</b> Sensorické hodnocení intenzity vůně .....                             | 48 |

**SEZNAM TABULEK**

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabulka 1:</b> Procentuální zastoupení základních složek v sušině pšeničné a žitné mouky [11]<br>..... | 12 |
| <b>Tabulka 2:</b> Složky pekařského pokusu pro recepturu s nativním kvasem .....                          | 31 |
| <b>Tabulka 3:</b> Složky pekařského pokusu pro recepturu se sušeným kvasem a droždím .....                | 31 |
| <b>Tabulka 4:</b> Složky pekařského pokusu pro recepturu se sušeným droždím.....                          | 32 |
| <b>Tabulka 5:</b> Obchodní jakost hladké pšeničné a žitné mouky chlebové [22, 23] .....                   | 32 |



## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha I: Dotazník pro sensorické hodnocení

# PŘÍLOHA I: DOTAZNÍK PRO SENZORICKÉ HODNOCENÍ

## SENZORICKÉ HODNOCENÍ CHLEBA

Kód vzorku:

Jméno (dobrovolné):

Datum:

---

### 1. Kůrka – vzhled:

- *Lesk*

Zhodnoťte vlastnosti vzorku zaznačením čáry na osu, přičemž 0 znamená žádný lesk, respektive matnost kůrky a 10 nejvyšší intenzitu lesku kůrky.



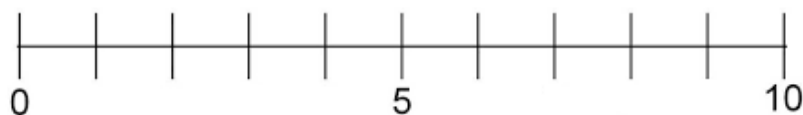
- *Barva*

Zhodnoťte vlastnosti vzorku zaznačením čáry na osu, přičemž 0 znamená velmi světlou barvu a 10 velmi tmavou intenzitu barvy kůrky.



- *Rovnoměrnost*

Zhodnoťte vlastnosti vzorku zaznačením čáry na osu, přičemž 0 znamená rovnoměrnou a hladkou kůrku, oproti tomu 10 hrubou, popraskanou kůrku, s trhlinami, nepravidelně zbarvenou, s bublinami a výdutěmi.



## Kůrka – textura:

- *Textura*

Zhodnoťte vlastnosti vzorku zaznačením čáry na osu, přičemž 0 znamená kůrku kožovitou a tuhou, nebo oschlou a velmi drobnou narozdíl od 10, což je kůrka křupavá a mírně drobná.



## 2. Střída – vzhled:

- *Lesk*

Zhodnoťte vlastnosti vzorku zaznačením čáry na osu, přičemž 0 znamená žádný lesk, respektive matnost střídy a 10 nejvyšší intenzitu lesku střídy.



- *Velikost pórů*

Zhodnoťte vlastnosti vzorku zaznačením čáry na osu, přičemž 0 znamená velmi malou velikost pórů a 10 velké póry.



### **Střída – textura:**

- *Pružnost*

Zhodnoťte vlastnosti vzorku zaznačením čáry na osu, přičemž 0 znamená příliš tuhou a hutnou, případně drobivou střídu, na rozdíl od 10, což je měkká, nadýchaná, elastická, pružná a ideálně žvýkavá textura střídy.



### 3. **Chuť:**

- *Intenzita chuti*

Zhodnoťte vlastnosti vzorku zaznačením čáry na osu, přičemž 0 znamená prázdná, nevýrazná a 10 velmi příjemná, typická po směsném pšeničnožitném pečivu, nakyslá po kvasu/octu.



### 4. **Vůně:**

- *Intenzita vůně*

Zhodnoťte vlastnosti vzorku zaznačením čáry na osu, přičemž 0 znamená prázdná, nevýrazná, nebo bez vůně a 10 typická, velmi příjemná, po pšeničnožitném pečivu, nebo kvasu/octu.

