

Vliv přídavku vody na texturní charakteristiky pečiva

Bc. Michaela Kurková

Diplomová práce
2020

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2019/2020

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

Jméno a příjmení: **Bc. Michaela Kurková**
Osobní číslo: **T18270**
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie potravin**
Forma studia: **Prezenční**
Téma práce: **Vliv přídavku vody na texturní charakteristiky pečiva**

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část

1. Suroviny používané pro výrobu pečiva
2. Mechanismus tvorby těsta
3. Distribuce vody ve složkách mouky a její změny v průběhu pečení

II. Praktická část

1. Specifikace použitých surovin
2. Popis použitých metod
3. Popis získaných výsledků a jejich diskuse s literárními zdroji
4. Formulace závěrů plynoucích z práce

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] ARMERO, E., COLLAR, C. (1997). Texture properties of formulated wheat doughs Relationships with dough and bread technological quality. Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und-forschung A, 204 (2), 136-145.
- [2] MONDAL, A., DATTA, A. K. (2008). Bread baking a review. Journal of Food Engineering, 86 (4), 465-474.
- [3] ORTOLAN, F., STEEL, C. J. (2017). Protein characteristics that affect the quality of vital wheat gluten to be used in baking: A review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 16 (3), 369-381.

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

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

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

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

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 se zabývá vlivem různých přísad vody a doby hnětení na texturní vlastnosti bezlepkového rýžového pečiva bez aditiv. Pro výrobu pečiva byla použita hladká rýžová mouka. Každá receptura obsahovala jiný přísad vody a byla hnětena po různou dobu. Vzorky byly po upečení analyzovány na texturometru. Vliv přísadku vody na texturu pečiva je prokazatelný, zatímco vliv doby hnětení není zcela zřejmý z hlediska všech texturních vlastností. Nejlepší kvality bylo dosaženo u nejvyššího přísadku vody a delší doby hnětení.

Klíčová slova: rýžová mouka, bezlepkové pečivo, textura, přísadku vody, doba hnětení

ABSTRACT

This diploma thesis is focused on the effect of water addition and kneading time on textural characteristics of an additive-free & gluten-free rice bread. Fine milled rice flour was used for breadmaking. Each recipe contained different amount of water and was kneaded for different time. The samples were analyzed on texture analyzer after baking. The effect of water addition on the bread texture was proveable, but the effect of kneading time on bread textural characteristics was unclear. The best quality of gluten-free bread was achieved by highest water addition and longer kneading time.

Keywords: rice flour, gluten-free bread, texture, water addition, kneading time

Chtěla bych tímto poděkovat paní doc. RNDr. Ivě Burešové, Ph.D. za cenné rady, věcné připomínky a odborné vedení. Ráda bych také poděkovala paní Ing. Romaně Šebestíkové za pomoc při práci v laboratořích.

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

OBSAH

| | |
|---|-----------|
| ÚVOD | 9 |
| I TEORETICKÁ ČÁST | 10 |
| 1 SUROVINY POUŽÍVANÉ PRO VÝROBU PEČIVA | 11 |
| 1.1 DEFINICE A ČLENĚNÍ PEKAŘSKÝCH VÝROBKŮ | 11 |
| 1.2 MOUKA | 12 |
| 1.2.1 Chemické složení obilného zrna | 12 |
| 1.2.2 Druhy mouk a jejich vlastnosti | 16 |
| 1.3 VODA | 18 |
| 1.4 SŮL | 19 |
| 1.5 DROŽDÍ | 19 |
| 1.6 POMOCNÉ SUROVINY | 19 |
| 1.7 ZLEPŠOVACÍ PŘÍSADY | 20 |
| 2 TECHNOLOGIE VÝROBY PEČIVA | 22 |
| 2.1 BĚŽNÉ PEČIVO | 22 |
| 2.2 BEZLEPKOVÉ PEČIVO..... | 22 |
| 2.3 MECHANIZMUS TVORBY TĚSTA | 22 |
| 2.4 DĚLENÍ TĚSTA | 23 |
| 2.5 KYNUTÍ TĚSTA | 23 |
| 2.6 PEČENÍ | 25 |
| 2.7 CHLAZENÍ | 25 |
| 3 DISTRIBUCE VODY KE SLOŽKÁM MOUKY A JEJÍ ZMĚNY V PRŮBĚHU PEČENÍ | 26 |
| 4 MĚŘENÍ TEXTURNÍCH VLASTNOSTÍ | 28 |
| 4.1 TVRDOST | 28 |
| 4.2 KOHEZIVNOST | 28 |
| 4.3 PRUŽNOST | 29 |
| 4.4 ŽVÝKATELNOST | 29 |
| 4.5 PŘILNAVOST | 29 |
| II PRAKTICKÁ ČÁST | 30 |
| 5 CÍL PRÁCE | 31 |
| 6 SPECIFIKACE POUŽITÝCH MATERIÁLŮ | 32 |
| 6.1 POUŽITÉ SUROVINY PRO VÝROBU RÝŽOVÉHO CHLEBU | 32 |
| 6.2 POUŽITÉ PŘÍSTROJE | 32 |
| 7 POPIS POUŽITÝCH METOD | 34 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 7.1 | VÝROBA BEZLEPKOVÉHO RÝŽOVÉHO CHLEBU | 34 |
| 7.2 | HODNOCENÍ BEZLEPKOVÉHO RÝŽOVÉHO CHLEBU | 35 |
| 7.2.1 | Ztráta pečením..... | 35 |
| 7.2.2 | Specifický objem pečiva | 35 |
| 7.2.3 | Texturní profilová analýza | 35 |
| 7.2.4 | Statistická analýza výsledků | 36 |
| 8 | POPIS ZÍSKANÝCH VÝSLEDKŮ A JEJICH DISKUSE S LITERÁRNÍMI ZDROJI..... | 37 |
| 8.1 | VÝSLEDKY | 37 |
| 8.1.1 | Specifický objem pečiva | 37 |
| 8.1.2 | Ztráta hmotnosti pečením..... | 39 |
| 8.1.3 | Tvrdost | 40 |
| 8.1.4 | Kohezivnost..... | 41 |
| 8.1.5 | Pružnost..... | 42 |
| 8.1.6 | Žvýkatelnost..... | 43 |
| 8.1.7 | Přilnavost..... | 44 |
| | ZÁVĚR | 45 |
| | SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY..... | 46 |
| | SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK..... | 53 |
| | SEZNAM OBRÁZKŮ | 55 |
| | SEZNAM TABULEK..... | 56 |

ÚVOD

Pečivo je součástí lidské výživy a lze jej najít ve většině jídelniček po celém světě. Nejběžnějším druhem chleba je pšeničný a pšenično-žitný chléb. Stále více se spotřebitelé obrací k výrobkům neobsahující lepek, ať už z důvodu zdravotních nebo jen z hlediska životního stylu.

Problémem bezlepkového pečiva je však jeho kvalita. Podoba pšeničným výrobkům je žádoucí, ale hůře dosažitelná. Bezlepkové pečivo nenabyde takového objemu jako to pšeničné z důvodu absence lepku. Lepek tvoří síť zachytávající kypřicí plyn a umožňuje tak běžnému pečivu dosáhnout lepší kvality, než bezlepkovému. Tento nedostatek byl však do jisté míry nahrazen přísádky hydrokoloidů, mléčnými výrobky, úpravou mouky nebo smícháním více druhů mouk. Čisté bezlepkové pečivo bez aditiv ale rozhodně kvality pšeničného nedosáhne.

V této diplomové práci je věnován průzkum právě bezlepkovému pečivu bez aditiv. Teoretická část práce je věnována informacím o surovinách k výrobě pečiva, o rozdílech v mechanismu výroby bezlepkového a pšeničného pečiva a v neposlední řadě texturním vlastnostem, kterými lze kvalita pečiva hodnotit.

Část praktická je věnována výrobě bezlepkového pečiva bez aditiv se zaměřením na vliv přísádků vody a doby hnětení na texturní vlastnosti pečiva určující jeho kvalitu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 SUROVINY POUŽÍVANÉ PRO VÝROBU PEČIVA

Základními surovinami pro výrobu pečiva jsou právě ty nejjednodušší, které se používají už po mnoho let a staletí. Jejich poměr a druh je dále definován v závislosti na zamýšleném výrobku. Hlavními surovinami pro výrobu pečiva je mouka, voda, droždí a sůl. Často se používají tzv. pomocné suroviny jako jsou mléčné produkty, vejce, cukr, tuk nebo chemická kypřidla, nebo i zlepšovací přísady ve formě emulgátorů, antioxidantů, enzymů, aromatizujících a ochucujících látek či barviv [1,2].

1.1 Definice a členění pekařských výrobků

Mezi pekařské výrobky se řadí chléb, běžné pečivo, jemné pečivo a trvanlivé pečivo. Dle vyhlášky Mze č. 18/2020 Sb. o požadavcích na mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta je:

chlebem pekařský výrobek kypřený kvasem nebo droždím, popřípadě jejich kombinací, ve tvaru večky, bochníku nebo formy, o hmotnosti nejméně 400 g s výjimkou krájeného chleba a netradičních typů chleba, jejichž hmotnost může být nižší,

běžným pečivem pekařský výrobek vyrobený z pšeničné mouky nebo jiných mlýnských obilných výrobků a dalších složek, který obsahuje méně než 8 % bezvodého tuku a méně než 5 % cukru, vztaženo na celkovou hmotnost použitých mlýnských obilných výrobků,

jemným pečivem pekařský výrobek vyrobený z pšeničné mouky nebo jiných mlýnských obilných výrobků a dalších složek, který obsahuje nejméně 8 % bezvodého tuku nebo nejméně 5 % cukru, vztaženo na celkovou hmotnost použitých mlýnských obilných výrobků, popřípadě plněný různými náplněmi před pečením nebo plněný po upečení džemem, povidly, ovocnou pomazánkou nebo náplněmi, které jsou mikrobiálně stabilní za běžných podmínek uvádění na trh, nebo povrchově upravený,

trvanlivým pečivem pekařský výrobek vyrobený z pšeničné mouky nebo jiných mlýnských obilných výrobků a dalších složek, s obsahem vody nejvýše 10 % a u perníků, preclíků a trvanlivých tyčinek s obsahem vody nejvýše 16 %, popřípadě plněný různými náplněmi, které jsou stabilní za podmínek uvádění na trh, nebo potahovaný nebo povrchově upravený [3].

Pro bezpečnost potravin existuje prováděcí nařízení komise pro označení potravin bez lepku či sníženým obsahem lepku, EU č. 828/2014:

- tvrzení „bez lepku“ lze použít jen tehdy, neobsahuje-li tato potravina více než 20 mg/kg lepku,
- tvrzení „velmi nízký obsah lepku“ lze použít jen tehdy, pokud u potravin, jež sestávají z jedné nebo více složek vyrobených z pšenice, žita, ječmene, ova nebo jejich kříženců, které byly speciálně zpracovány tak, aby v nich byl snížen obsah lepku, nebo tyto složky obsahují, činí obsah lepku v potravine ve stavu, v němž je prodávána konečnému spotřebiteli, nejvýše 100 mg/kg [4].

K tomuto nařízení byla i přidána definice:

- „lepkem“ se rozumí bílkovinná frakce z pšenice, žita, ječmene, ova nebo jejich kříženců a derivátů, vůči které mají některé osoby nesnášenlivost a která je nerozpustná ve vodě a 0,5 M roztoku chloridu sodného,
- „pšenicí“ se rozumí jakýkoliv druh *Triticum* [4].

1.2 Mouka

Mouka je univerzální surovinou pro výrobu široké škály pekařského sortimentu. Tvoří více jak 60 % hmotnosti většiny těst. Získává se postupným drcením, mletím a tříděním obilného zrna. Nejběžnějšími surovinami pro výrobu chleba je pšenice a žito [1,2,5].

1.2.1 Chemické složení obilného zrna

Chemické složení pšeničné obilky se liší vzhledem k odrůdě, klimatickým podmínkám, hnojení a dalším činitelům [1,2].

Sacharidy

Sacharidy se vyskytují téměř ve všech částech obilného zrna. V nepatrném množství se zde vyskytují monosacharidy jako je pentóza a hexóza. V nízkých koncentracích se zde vyskytují i oligosacharidy (sacharóza, maltóza), ale nejdůležitější složkou jsou polysacharidy. Polysacharidy mají funkci zásobní a stavební [1,2,6].

Škrob je nejvýznamnějším polysacharidem a nejvíce zastoupenou složkou všech obilovin. Je obsažen v endospermu jako zásobní polysacharid. Škrob se vyskytuje ve formě škrobových zrn, což jsou útvary různých velikostí a tvarů vzhledem k odrůdě. Tvoří jej

glukopyranózové jednotky spojené glykozidovou vazbou. Má dvě frakce – amyulóza a amylopektin. Amyulóza je lineární řetězec glukózových jednotek, zatímco amylopektin je více větvený a má vyšší stupeň polymerace. Každá frakce má jiné chemické a fyzikální vlastnosti. Amyulóza je rozpustná v horké vodě, zatímco amylopektin ve vodě pouze bobtná a netvoří roztok. Pro pekařský výrobek působí škrob jako zdroj zkvasitelných cukrů pro kvasinky při kypření a důležitá je i vlastnost škrobu, kdy po ochlazení výrobku dochází k vytváření pružného škrobového gelu jako nositele vláčnosti. [1,2,6].

Neškrobové polysacharidy jsou přítomny především v obalových vrstvách obilného zrna. Patří sem celulóza, arabinoxylany a β -glukany [1,2,6].

Celulóza je hlavní stavební látka obalových vrstev a buněčných stěn. Je zcela nerozpustná ve vodě, ale její deriváty snadno vodu vážou a bobtnají. V těstu snižují vaznost vody a pevnost a pružnost těsta [1,2,6].

Arabinoxylany jsou součástí stěn endospermu. Nerozpustné arabinoxylany se řadí k hemicelulózám a doprovází celulózu v buněčných stěnách. Jsou schopné vodu vázat ve velkém množství a v těstu tak pomáhají zadržet kvasný plyn, což zvyšuje objem bochníku a zlepšuje kvalitu střídy. Rozpustné arabinoxylany (slizy) tvoří xylóza, arabinóza. V arabinoxylanech se mohou vyskytovat tzv. reaktivní skupiny umožňující tvorbu komplexů pro zvýšení stability gelů a zpomalení stárnutí pekařských výrobků [1,2,6].

β -glukany jsou molekuly glukózy spojené do lineární či větvené struktury. Ve vodním prostředí jsou schopné tvořit gel. Je to funkční složka potravy s pozitivním účinkem na trávení, avšak v technologii tvoří překážku a případné znehodnocení výrobku. U pečiva může přídavek β -glukanu negativně ovlivnit chuť (nahořklá, zatuchlá), snížit objem pečiva nebo i ztuhnout střídu [1,2,6].

Bílkoviny

Mezi hlavní ukazatele využitelnosti mouky je množství a kvalita bílkovin. S vyšším obsahem bílkovin v zrně se zvyšuje i jejich obsah v mouce. Bílkoviny rostlinných semen patří mezi bílkoviny globulární, které jsou více či méně rozpustné ve vodě, solích, zředěných kyselinách, zásadách a dalších rozpouštědlech. [1,2]

V semenech rostlin se podle Osbornova rozdělení vyskytují čtyři základní typy bílkovin na základě jejich rozpustnosti:

- **albuminy** jako neutrální, dobře rozpustné proteiny s teplem indikovanou ireverzibilní koagulací. Význam mají spíše u živočišných bílkovin,
- **globuliny** jsou slabě kyselé bílkoviny, teplem koagulující a nerozpustné ve vodě, ale rozpustné ve zředěných roztocích solí, kyselin a zásad,
- **prolaminy** nerozpustné ve vodě, rozpustné ve zředěných roztocích solí, kyselin, zásad a i etanolu. Teplem nekoagulují a obsahují velké množství glutaminu a prolinu. Prolaminy pšenice se nazývají gliadiny,
- **gluteliny** nerozpustné ve vodě a ve zředěném etanolu, rozpustné ve zředěných roztocích solí, kyselin a zásad. Teplem koagulují a obsahují velké množství glutamové kyseliny. Gluteliny pšenice se nazývají gluteniny, u rýže oryzeniny [1,2,6,7].

Nejdůležitějšími bílkovinami z hlediska pekárenské technologie jsou prolaminy a gluteliny. Obojí reprezentuje řada příbuzných proteinů lišící se ve struktuře a složení aminokyselin. Tyto bílkoviny se souhrnně označují jako lepek [1,2,6,7].

Pšeničné prolaminy (gliadiny) obsahují velké množství glutaminu a prolinu a velmi málo bazických a kyselých aminokyselin s polárními postranními řetězci, což ovlivňuje nízkou rozpustnost gliadinů. Jelikož téměř neobsahují aminokyseliny s obsahem síry, netvoří tak disulfidové (-S-S-) vazby. Jednotlivé řetězce jsou vázány pouze nekovalentními interakcemi (vodíkové můstky) a tím ovlivňují gliadiny viskozitu a tažnost těsta. Gliadiny jsou označovány jako nízkomolekulární zásobní pšeničná bílkovina (LMSP) [1,2,6].

Pšeničné gluteliny (gluteniny) mají vyšší relativní molekulovou hmotnost než gliadiny. Jsou označovány jako vysokomolekulární zásobní pšeničná bílkovina (HMSP) a dělí se na dvě podjednotky:

- Vysokomolekulární podjednotky (HMW) vytváří dlouhé polypeptidové řetězce s disulfidovými vazbami, což zvyšuje pevnost a pružnost lepku a pozitivně ovlivňuje viskoelastické vlastnosti těsta,
- Nízkomolekulární podjednotky (LMW) mají schopnost vytvářet velké bílkovinné agregáty a tím ovlivňují pevnost těsta [1,2,6].

Lepek je velmi důležitý pro určení pekařských vlastností těsta a jeho obsah je tak hlavním kritériem pekařské jakosti pšenice. Prolamin ovlivňuje tažnost a glutelin pružnost a bobtnavost. Během hnětení těsta vážou lepkové bílkoviny vodu a spojují se do delších řetězců za současné interakce s polysacharidy, lipidy a dalšími složkami přítomnými v mouce vytváří trojrozměrnou elastickou síť. Rozdíly v uspořádání trojrozměrné struktury se považují za příčinu rozdílů vlastností lepku [1,2,6].

Tvorba můstků při oxidačních reakcích systému thiol/disulfid zesiluje lepek omezením relativní pohyblivosti peptidových řetězců. Tato reakce je reverzibilní, za použití redukčních činidel se štěpí můstky, a tím je lepek oslabován a stává se tažnějším [1,2,6].

Enzymy jsou tvořeny podstatnou částí bílkovin. Slouží jako biokatalyzátory v průběhu růstu obiloviny, skladování, a i technologického zpracování. Hlavním ukazatelem hodnoty enzymu je jeho schopnost za daných podmínek katalyzovat reakci [1,2]

V obilovinách jsou obsaženy tyto enzymy:

- amylázy – hydrolyzují škrob,
- proteázy – hydrolyzují peptidové vazby bílkovin,
- lipázy – hydrolyzují lipidy,
- lipoxygenázy – oxidují nenasycené mastné kyseliny [1,2].

Amylázy jsou důležité z hlediska obsahu škrobu v obilce jako zásobního polysacharidu, který štěpí na jednodušší látky pro získání energie. α -amyláza je endoenzym náhodně štěpící řetězce škrobu celého, nezmazovatělého nebo i škrobového mazu. Výsledek štěpení je velké množství glukopyranózových jednotek. Zvýšená aktivita α -amylázy naznačuje klíčení obilky. β -amyláza je exoenzym štěpící pouze mechanicky (mletím) narušené granule škrobu od neredukujícího konce a odštěpující molekuly maltózy. α -amyláza společně s β -amylázou jsou schopny rozštěpit až 85 % škrobu [1,2].

Lipidy

Obilka patří mezi semena obsahující nejnižší obsah tuků, v závislosti na druhu rostliny. Největší část obsahu lipidů je v klíčku a v aleuronové vrstvě [1,2].

Velkou část nepolárních tuků (72-85 %) tvoří nenasycené mastné kyseliny. Až 55 % tvoří kyselina linolová, která snadno podléhá oxidaci a při delším skladování mouky tak způsobuje její žluknutí. Část polárních tuků v obilném zrně tvoří fosfolipidy (15-26 %) [1,2].

V obilovinách se vyskytují také lipofilní barviva – karotenoidy [1,2].

Minerální látky

Minerální látky (označované též jako popel) jsou obsaženy převážně v klíčku a obalových vrstvách. Jejich obsah se pohybuje v rozmezí od 1,5 do 2,5 % v závislosti na druhu rostliny, odrůdě, podmínkách pěstování a hnojení během vegetačního období. Převážné množství tvoří fosfor, z kovů hořčík, vápník, železo a minoritně mohou být obsaženy i těžké kovy jako olovo, kadmium a rtuť [1,2].

Vitaminy

Vitaminy jsou obsaženy v obalových vrstvách a klíčku. Převážné množství tvoří vitaminy skupiny B (thiamin, riboflavin). Z důvodu nízkého obsahu lipidů je nízký i obsah vitaminů rozpustných v tucích. U kukuřice, která má vyšší obsah lipidů, je ale významné množství vitamínu A. Vitamin E se pak izoluje i z pšeničných klíčků pro výrobu vitaminových preparátů [1,2].

1.2.2 Druhy mouk a jejich vlastnosti

Pšeničná mouka je nejčastějším produktem mlýnského zpracování z důvodu jejího mnohostranného využití díky bohatému obsahu bílkovin vyvinout lepkovou síť a vytvářet stavbu pečiva. Pro výrobu chleba se tradičně používá mouky pšeničné a žitné, či jejich vzájemného poměru [1,2,8].

Pekařská jakost pšeničné mouky se vyjadřuje jako:

- **síla mouky**, která závisí na množství a kvalitě převážně lepkových bílkovin a schopnosti těsta zadržet kypřící plyny v průběhu kynutí [1,2,8],
- **plynotvorná schopnost mouky**, která je dána schopností vytvářet dostatečné množství kypřícího plynu (závislé na aktivitě kvasinek) [1,2,8],
- **cukrotvorná schopnost mouky**, dána dostatkem zkvasitelných cukrů přítomných v mouce, vznikajících cukrů v těstě působením amyláz na škrob a cukrů přidaných jako recepturní složka [1,2,8].

Sacharido-amylyázový komplex je tvořen amylolytickými enzymy a sacharidy. Aktivita amylolytických enzymů ovlivňuje stav a kvalitu škrobu, kdy amyláza postupně štěpí škrob až na maltózu a glukózu. Během pečení dochází k mazovatění škrobu, kdy škrob poutá velké množství vody. Enzymatická aktivita je charakterizována číslem poklesu [1,2,8].

Bílkovino-proteinázový komplex tvoří bílkoviny a proteolytické enzymy. Množství a kvalita bílkovin významně ovlivňuje jakost pšenice. Obsah bílkovin se zjišťuje Kjeldahlovou metodou nebo NIR analýzou. Lepek se stanovuje jako obsah mokrého lepku v sušině. Kvalita bílkovin je zjištěna pomocí sedimentačního Zelenyho testu a vlastnosti lepku jsou charakterizovány gluten indexem [1,2,8].

Žitná mouka má vlastnosti odlišné od mouky pšeničné. Žito obsahuje méně prolaminů a glutelinů, tudíž se žitný lepek liší obsahem aminokyselin a má zhoršené viskoelastické vlastnosti. Žitný lepek není schopen tvořit spojitou strukturní síť. U této mouky vážou vodu při hnětení za normální teploty arabinoxylany a na tvorbu střídy hotového výrobku působí i škrob. Velmi důležitou vlastností je tak amylázo-sacharidový komplex. Aktivita amylázy u žita je vyšší než u pšenice, avšak pokud je nadměrná, dochází k vytvoření nadbytku dextrinů a cukrů, což vede k velké lepivosti těsta a zhoršení jeho zpracovatelnosti [1,2,6].

Rozpustné arabinoxylany (slizy) váží velké množství vody a spolu s polysacharidy a bílkovinami vytváří komplexy ovlivňující reologické vlastnosti těsta. Tyto komplexy vytváří viskózní hmotu nahrazující pšeničný lepek při zadržování plynu při fermentaci těsta. Pečením arabinoxylany uvolňují vázanou vodu k mazovatění škrobu a bobtnání nerozpustných arabinoxylanů. Neuvolněním této vázané vody pak dochází k vytvoření vlhké a lepidivé střídy [1,2,6].

Žitný škrob oproti tomu pšeničnému obsahuje více amylopektinu a méně amylozy, která při retrogradaci způsobuje tvrdnutí pečiva. Arabinoxylany pak bobtnáním a vytvářením vazeb s bílkovinami zlepšují vláčnost a pomalejší tuhnutí pečiva [1,2,6].

Dále se používá mouka celozrnná, vícezrnná a speciální z dalších obilovin, pseudoobilovin či jiných botanických druhů [1,4,6].

Rýžová mouka je oblíbená ve zdravé výživě jako náhražka mouky pšeničné, ať už z hlediska zdravého životního stylu či kvůli celiakii a intolerancím. Nemá výraznou chuť ani barvu a je tak cennou složkou bezlepkových potravin. Obsahuje méně bílkovin, sodíku a jsou přítomny lépe stravitelné sacharidy [9,11,12].

Rýžová mouka však kvůli absenci lepku nedosahuje kvalit pšeničné mouky. Bílkoviny rýže tvoří z převážné části hlavně gluteliny, které jsou nerozpustné díky svému hydrofobnímu charakteru, rozsáhlému shlukování částic a disulfidovým vazbám. Rýžové bílkoviny však nejsou schopny vytvářet těsto dostatečně viskoelastické pro zadržení oxidu uhličitého při fermentaci těsta. Tato nedokonalost je způsobena nízkým obsahem prolaminů, které

nevytváří bílkovinnou strukturu při hnětení těsta. Plyny z těsta tak uniknou, produkt ztratí na objemu a vytvoří se pevná křusta na povrchu [9,10,11,12].

Důležitý na obsahu rýžové mouky je kromě bílkovin i škrob. Vlastnost škrobu je závislá na poměru amylózy a amylopektinu. Amylóza je z hlediska technologie sledovanější, neboť je indikátorem kvality při vaření. Amylózový obsah definuje teplotu mazovatění a vytváření struktury těst. Teplota mazovatění závisí na druhu rýže, nejčastěji však nastává při teplotách kolem 61–62 °C. Kvalitu pečiva ovlivňuje i obsah poškozených škrobových granulí. Při větším množství nepoškozených granulí dochází ke zvětšení celkového povrchu a je zapotřebí většího přídavku vody pro hydrataci všech částic mouky [9,10,11,12,13].

Přídavkem enzymů či hydrokoloidů se zlepší vlastnosti a do jisté míry jsou schopny nahradit funkční vlastnosti lepku [9,10,11,12].

Další využívanou moukou je **mouka kukuřičná**. Kukuřice má více druhů, a sice cukrovou, pukancovou, škrobnatou (vyšší obsah amylózy) a voskovou (vyšší obsah amylopektinu). Použitím mouky z voskové kukuřice docílíme želatinace škrobu při nižších teplotách a jemné struktury gelu. Použitím škrobnaté kukuřičné mouky pak získáme tužší kůrku bezlepkových výrobků. Použitím kukuřičné mouky dodá výrobku žlutou barvu. Pokud je to nežádoucí, může se použít vybělená [9,10,11].

Dále se pro výrobu pekařské mouky mohou využívat semena prosa, čiroku, quinoi a spousty dalších druhů rostlin, z převážné většiny opět jako příměs k jiným moukám [11].

1.3 Voda

Voda se vyskytuje téměř v každé potravíně. Její množství hraje v pečení významnou roli, neboť ovlivňuje kvalitu, texturu, chuť, vůni a vzhled výrobku. Voda používaná pro výrobu potravin musí splňovat podmínky pro pitnou vodu definované ve Směrnici Rady 98/83/ES ze dne 3. listopadu 1998 o jakosti vody určené k lidské spotřebě musí být vždy pitná [14].

Voda obsahuje polární molekuly H₂O tvořené vodíkem s kladným elektrickým nábojem a kyslík se záporným elektrickým nábojem. Mezi nimi vznikají vodíkové vazby, které dále vytváří vazby mezi molekulami vody a hydroxylovými skupinami v molekulách škrobu a polárními skupinami vedlejších řetězců aminokyselin. Díky těmto vazbám je voda pevně vázána na bílkoviny a polysacharidy. Škrob váže vodu na 50-65 % své váhy a bílkovina až na dvojnásobek své váhy. Čím vyšší vymletí mouky, tím poškozenější jsou škrobové granule a tím i více vody jsou schopné navázat [1,2,8,15,16].

Mezi ukazatele kvality vody patří její tvrdost, alkalita či kyselost:

Tvrdost vody představuje obsah hořečnatých a vápenatých složek. Do 3,5 mmol/l obsahu složek se považuje za vodu měkkou, nad 8 mmol/l za vodu tvrdou a uvnitř tohoto rozmezí je středně tvrdá voda. Měkká voda urychluje kvašení, snižuje vaznost těsta a zvyšuje jeho roztékavost a lepivost. Tvrdá voda zpomaluje fermentaci, ztužuje lepek a snižuje množství a velikost pórů pečiva [1,2,8,15,16].

Alkalická voda dosahuje hodnot nad pH 8 a způsobuje menší objem pečiva, zpomaluje fermentaci, ale zlepšuje barvu a strukturu. **Kyselá voda** zrychluje fermentaci, způsobuje tekutá těsta, méně pružnou střídu, nestejnomyerné póry a slabší vybarvení [1,2,8,15,16].

1.4 Sůl

Sůl je důležitou ingrediencí receptur. Zastává funkci chuťové přísady a regulátoru technologických procesů. Přídavkem soli je dosaženo ztužení konzistence lepkové bílkoviny, snížení vaznosti vody, prodloužení doby vývinu těsta, zpomalení enzymatických a kvasných procesů, a to snížením aktivity kvasinek, tudíž i snížením produkce kvasného plynu. Kvůli ovlivnění aktivity kvasinek se tak nepřidává do kvasných předstupňů, ale až posléze u míchání a hnětení těsta. Při malém množství soli se díky velké aktivitě kvasinek vytvoří nadbytek plynu, který bílkovinná síť není schopna pojmout. Těsto tak z důsledku zhroucení bílkovinné sítě ztrácí na objemu ještě před pečením. [1,2,16].

1.5 Droždí

Droždí je nezbytnou součástí výroby chleba mající vliv na kvalitu produktu. Primární funkcí je kypření pečiva produkcí oxidu uhličitého fermentací zkvasitelných cukrů a sekundární je ovlivnění sensorických vlastností výrobku. Droždí tvoří kvasinky rodu *Saccharomyces cerevisiae*. Pekárenské droždí obsahuje i enzymy pro přeměnu cukrů na etanol a oxid uhličitý. Těmito enzymy jsou invertáza pro přeměnu laktózy na glukózu a zymáza pro přeměnu glukózy na konečné produkty. Droždí je dostupné ve formě tekuté, lisované, granulované, aktivní sušené, instantní a mražené [1,2,15,16].

1.6 Pomocné suroviny

Pomocné suroviny nejsou pro výrobu pečiva stěžejní, ale napomáhají ke zlepšení technologických vlastností i vlastností sensorických [1].

- **Chemická kypřidla** jsou látky zvyšující objem těsta svým rozkladem a uvolněním kypřícího plynu. Patří sem hydrogenuhličitan amonný, sodný a draselný [1,9,16,18,19,20],
- **Mléčné výrobky** jsou používány pro zvýšení nutričního obsahu, k ovlivnění struktury, textury střídy, aroma, chuť a zlepšuje i barvu kůrky díky laktóze a Maillardovým reakcím. Nejvíce využívané je sušené mléko, sušená syrovátka a podmásli, tvaroh, sýry či smetana [1,9,16,18,21],
- **Vejce** slouží jako pěnotvorné činidlo, přírodní emulgátor díky lecitinu, a nebo nutriční obohacení. Použitím vejce v receptuře se dosáhne lepší barevnosti díky karotenovým barvivům, delší životnosti a trvanlivosti výrobku a také jemnější chuti [1,9,16,20,22],
- **Cukr** dodává pečivu chuť, ovlivňuje činnost kvasinek a tím celou fermentaci a texturu výsledného pečiva. Cukr se podává v pevné formě (moučka, krupice či krystal) i v tekuté (cukerné roztoky, sirupy) [1,9,16,20,23],
- **Tuk** ovlivňuje technologické vlastnosti těsta, sensorické vlastnosti výrobků a také jejich stárnutí. Tuk částečně brání vytvoření pevné lepkové sítě nabalením tuku na molekuly bílkovin a škrobu, a tím jim brání v hydrataci vodou. Přidává se ve formě ztuženého tuku, másla, tažného margarínu a emulgovaných rostlinných tuků [1,2,9,16,18,20,24].

1.7 Zlepšovací přísady

Zlepšovací přísady nejsou nezbytnou součástí receptu, ale jejich přidáním se docílí zlepšení výrobku. Jejich přidávek je malý a nosičem je mouka, ve které jsou rovnoměrně rozptýleny [1,2].

- **Hydrokoloidy** jsou vysokomolekulární látky schopné díky svým hydroxylovým skupinám vázat velké množství vody. Jejich přidáním se zvyšuje výtěžnost těsta, vláčnost zabraňující rychlé stárnutí pečiva, zvyšuje se i objem výrobku a slouží taky jako stabilizátory pěn, zmrzlin, náplní. Jejich původ je živočišný, rostlinný, mikrobiální i syntetický [1,2,16,18,20,25],
- **Emulgátory** jsou povrchově aktivní látky schopné stabilizovat emulze. Nejčastěji se využívají monoacylglyceroly s diacylglyceroly a jejich deriváty. Použitím

emulgátorů se docílí lepších vlastností těst, jemnost a pórovitost střídy, vyšší trvanlivosti a lepší stability pěn [1,2,16,18,20,25],

- **Enzymy** jsou biokatalyzátory chemických reakcí jsou obsaženy v mouce a mají je i kvasinky. Nejdůležitějším enzymem je amyláza štěpící škrob. Díky enzymu má pečivo lepší texturu střídy, barvu kůrky a tvrdne pomaleji [1,2,16,18,20,26,27],
- **Oxidační a redukční látky** zpevňují či oslabují disulfidické vazby ovlivňující sílu lepku [1,2,16,18,20,28],
- **Komplexní zlepšovací přípravky** obsahují kombinace povrchově aktivních látek, enzymů, hydrokoloidů, kypřidel a jiných chemických zlepšovacích prostředků. Využívají se pro standardizaci průběhu zrání a kynutí těst, nahrazují nedostatky kvality lepku, dodávají lepší chuť a barvu [1,2,16,18,20,25].

2 TECHNOLOGIE VÝROBY PEČIVA

Výroba pečiva využívá biologického kypření a základních surovin popsanych v první kapitole. Nejdříve se tyto suroviny naváží, smíchají se vytvořením těsta a jeho hnětením, těsto je necháno k odpočinku a kynutí, následně dochází k pečení těsta a v poslední řadě k chlazení pekárenského výrobku. [1,2]

2.1 Běžné pečivo

Výroba běžného pečiva je možná dvojím způsobem, přímým vedením těsta či nepřímým. U nepřímého vedení těsta se připraví kvasný předstupeň smícháním droždí, části mouky a vody. Tento předstupeň se nechá zrát po dobu 1–2 hodin a poté se smíchá se zbylými částmi a recepturními složkami. Přímé vedení oproti nepřímému nemá kvasný předstupeň a suroviny se pouze smíchají a rovnou hnětou [2,8].

Po hnětení nastává zrání těsta po dobu 10–30 minut v kynárně ve vhodných podmínkách (35–45 °C, 85 % vlhkosti vzduchu), kde kvasinky pracují a produkují kypřící plyn. Dále se těsto dělí, skuluje, tvaruje a nechává se dokynout, neboť byla při tvarování a dělení část plynu vypuzena [2,8].

Pečení probíhá za teploty 220–250 °C po dobu 15–30 minut dle velikosti kusů těsta [2].

2.2 Bezlepkové pečivo

Bezlepkové těsto obsahuje více vody než těsto běžného pečiva, a jeho výroba neobsahuje kvasný předstupeň. Délka hnětení a kynutí je také kratší. Hnětení lze ukončit již po dvou minutách a vzniklé těsto se nechá zrát za stejných podmínek, jako běžné těsto (35 °C, 85 % vlhkost vzduchu). Pečení pak probíhá za nižších teplot, neboť příliš velká teplota způsobí vytvoření neprostupné kůrky, která brání plynům v evaporaci. Tyto plyny by se poté hromadily v chlebu, shlukovaly se a způsobily by zhroucení těsta [12].

2.3 Mechanismus tvorby těsta

Smícháním všech ingrediencí dochází k hydrataci a případně i rozpuštění suchých a sypkých složek. Nejdůležitějšími částicemi jsou bílkoviny a škrobová zrna přítomná v mouce. Ačkoliv jsou tyto složky malé a vody je k jejich hydrataci dostatek, voda do nich proniká pomalu prostřednictvím difuze. Při hnětení dochází ke kontaktu jednotlivých částic mouky mezi sebou, mezi hnětacím hákem a také stěny hnětací mísy, čímž dochází k pozvolnému odstraňování již hydratovaných povrchů částic a nová vrstva je tak přístupná k hydrataci

vodou. Postupně dochází k hydrataci proteinů a škrobových zrn, než dojde ke kompletní hydrataci složek [2,7,16,29,30,31,32].

Při této hydrataci dochází k rozvolňování vazeb bílkovin a usnadňující tak hydrataci bílkovin kolem polárních aminokyselin a jejich ionizovatelných skupin. Volné thiolové skupiny aminokyselin cysteinu a metioninu pak reagují spolu a dochází k tvorbě vazby disulfidové a k vytváření dlouhých bílkovinných řetězců. Tyto vazby jsou silné a jejich počet ovlivňuje sílu vzniklé lepkové sítě. Lepkovou síť tvoří nabobtnané bílkovinné řetězce, které promícháváním utváří gelovitou strukturu těsta s vyšší viskozitou [2,7,16,29,30,31,32].

K výše zmíněnému vytváření silných vazeb mezi bílkovinami neprobíhá u bezlepkového těsta. Absence těchto vazeb nedovoluje vytvořit pevnou síť jako u lepku. Dochází však k hydrataci bílkovin za pomoci mechanické síly při hnětení. Tato hydratace bílkovin pak snižuje množství vypařené vody během pečení a pomáhá zachovat vláčnost výrobku [33].

Škrobové granule mají svou úlohu během přípravy těsta různou. Dle stupně mletí mouky jsou škrobové granule celé nebo jsou poškozené. Nepoškozené škrobové granule jsou rozptýleny v gelu lepkové sítě a dotváří tak jeho strukturu. Poškozené škrobové granule vážou vodu rychleji na začátku hnětení, což aktivuje přítomné amylázy vedoucí k degradaci těchto škrobových granulí na dextriny a maltózu a pomáhají tak při fermentaci kvasinkám. Během hnětení je do těsta zabudován vzduch ve formě pórů. Kyslík v těchto pórech je poté využit kvasinkami v aerobních procesech a zbylý dusík tvoří zárodečné mikropóry, do kterých poté difunduje oxid uhličitý produkovaný kvasinkami [2,7,16,29,30,31].

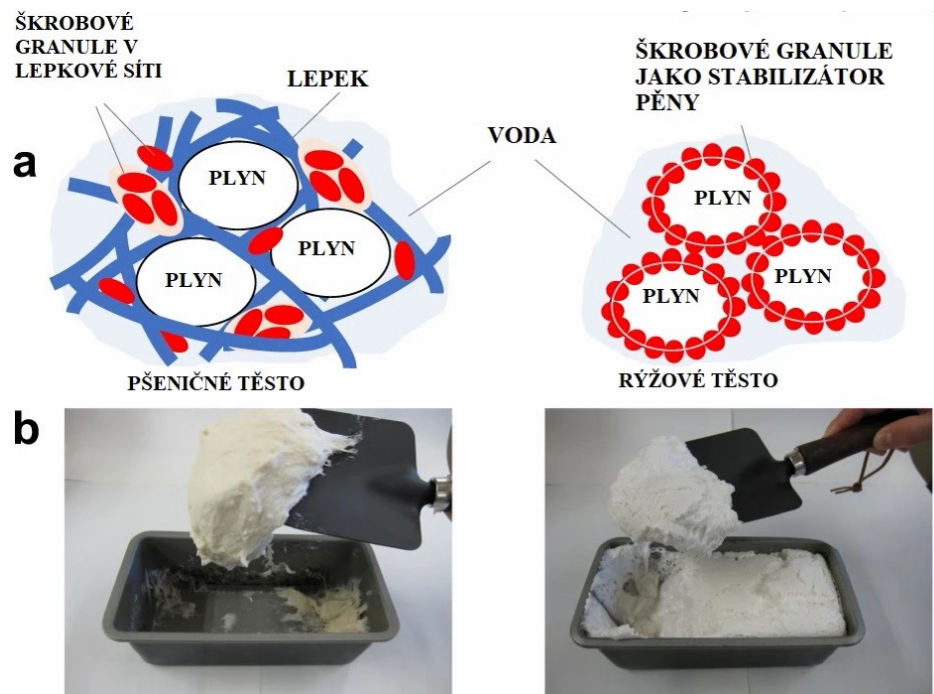
2.4 Dělení těsta

Dalším krokem k výrobě pečiva je dělení těsta do stejně velkých či těžkých částí. Po dělení se těsto může vytvarovat do požadované tvaru nebo jen dát do formy na pečení [2].

2.5 Kynutí těsta

Během zrání neboli kynutí těsta se nechává těsto za zvýšené teploty kolem 30 °C a relativní vlhkosti 85 % odpočívat po dobu 10 až 30 minut. Během tohoto odležení dochází ke štěpení škrobových zrn amylolytickými enzymy na oligosacharidy a dextriny. Tyto produkty štěpné reakce pak kvasinky zprostředkovávají pro metabolické pochody za získání oxidu uhličitého a etanolu. Oxid uhličitý difunduje do již zmíněných mikropórů, kde je zadržován, a těsto tak postupně zvětšuje svůj objem. Díky plynům se z těsta stává pěna. Gliadiny mají povrchově

aktivní vlastnosti a pomáhají tak celý systém pěny stabilizovat, neboť těsto a lipidy nejsou schopné pokrýt celý povrch [2,7,16,30,31,34,35].



Obrázek 1 Srovnání mechanismu kynutí (a) a skutečného pohledu na kynutí těsta (b) [34].

V případě bezlepkového těsta nedochází k vytvoření lepkové sítě z důvodu absence lepkových bílkovin. Bezlepkové mouky, jako třeba rýžová mouka, netvoří dostatečně viskoelastické těsto jako mouka pšeničná, ale těsto je více tekuté, neforemné. Plyny vytvořené při fermentaci tak nejsou plně zachyceny a unikají skrz povrch a škrobové granule společně s kvasinkami se usazují na dně. Rýžové těsto je bez aditiv více jako struktura pěny. U pšeničného těsta jsou plyny zadrženy lepkovou sítí, zatímco u rýžového těsta jsou zadrženy škrobovými granulemi. Rýžový škrob je tak schopný vytvářet částečné emulze [34].

Kromě zvětšeného objemu v důsledku výroby oxidu uhličitého kvasinkami dochází ještě k vytváření sensoricky významných látek ovlivňujících chuť výrobku. Těmito látkami jsou organické kyseliny, aldehydy a acetaldehydy [2].

2.6 Pečení

Těsto je před tepelnou úpravou tříslůžková disperze. Spojitým prostředím je gel tvořený nabobtnalými bílkovinami, pevným nespojitým dílem jsou částečně nabobtnalé nezmazovatělé škrobové granule a třetí složkou této disperze je pohyblivý plyn. Disperze špatně vede teplo, a tak je teplota na povrchu a uvnitř výrobku rozdílná [2,7,31,36,37].

Prvotním úkazem ze začátku pečení je silná expanze objemu těsta. Toto zvětšení objemu je způsobeno náhlým zvýšením aktivity kvasinek z důvodu vyšší teploty, dokud nejsou usmrceny teplotou 50 °C. Dalším důvodem je expanze plynu oxidu uhličitého za působení vyšších teplot. Poté dochází k mazovatění škrobu na povrchu těsta a vytváří tak krustu pečiva. Při teplotě 60 °C dochází k denaturaci bílkovin a k uvolňování vody z těchto bílkovin. Tato voda je poté absorbována nepoškozenými škrobovými granulemi, které praskají a škrob začne mazovatět. Do teploty 80 °C jsou amylázy ještě aktivní a jsou schopné hydrolyticky štěpit škrobový maz. Tyto produkty štěpné reakce metabolizují kvasinky nacházející se v prostřední části pečiva, kde je nižší teplota než na povrchu a jsou tak ještě schopné vytvářet kypřící plyn. Etanol jako produkt metabolické činnosti kvasinek v průběhu pečení vytěká. V pozdější fázi dochází i k zabarvení kůrky v důsledku působení Maillardových reakcí mezi redukcujícími cukry a volnými aminokyselinami [2,7,31,36,37].

Pečivo se během pečení mění ze tříslůžkové disperze na pevnou pěnu. Tato pěna je složená ze spojitě bílkovinné sítě se škrobovým gelem a vzduchovými póry [2,37].

U rýžového těsta dochází k denaturaci bílkovin již při teplotách kolem 50 °C a končí nad teplotou 70 °C. Během této denaturace dochází také k uvolnění vody z bílkovin, která je následně absorbována nepoškozenými škrobovými granulemi, a ty začínají mazovatět při teplotě kolem 60 °C. Po mazovatění dochází k dalšímu uvolnění vody a jejímu následnému odpaření během pečení [38].

2.7 Chlazení

Po pečení se pečivo nechá vychladnout před balením. Kromě snižování teploty dochází i k ustálení vlhkosti v celém obsahu pečiva. Během chlazení, které trvá mezi 2 a 3 hodinami, probíhá i odpařování vody [2].

3 DISTRIBUCE VODY KE SLOŽKÁM MOUKY A JEJÍ ZMĚNY V PRŮBĚHU PEČENÍ

Voda se v těstu dělí na dvě frakce, kdy jedna je mobilní a souvisí s relativní vlhkostí těsta, a ta druhá se chová jako strukturní část škrobového mazu a lepkové sítě. Voda ve struktuře mazu a sítě je těžko odstranitelná a nijak nesouvisí s relativní vlhkostí těsta. Mobilní voda vytváří slabé vazby s prostředím, ve kterém se nachází a může se při působení vnějších vlivů přesunout do prostředí jiného. Tato schopnost vody migrovat mezi jednotlivými složkami těsta je ovlivněna přítomností nízkomolekulárních složek, jako jsou cukry nebo lipidy, a také sůl. Největší vliv mají však polymerní aditiva [12,39].

Během hnětení jsou bílkoviny namáhány, jejich řetězce se začínají rozvolňovat a vodu ve svém okolí začínají vázat. Hydratací bílkovin dochází k jejich bobtnání a v případě pšeničného těsta i k vytvoření lepkové sítě. Množství vody ovlivňuje viskozitu těsta a tlak vzduchu v těstu. S rostoucí teplotou při pečení pak dochází k tlakovému působení na vodu i vzduch a dochází tak k evaporaci vody z těsta [12,39].

V průběhu prvotní fáze pečení (zvětšování objemu) dochází ke ztenčování vrstvy lepkové sítě obalující vzduchovou kavernu, která se zvětšuje. Vodná vrstva se však v tomto místě nemění, neboť při vypaření vody z okolí dochází prostřednictvím difuze k jejímu nahrazení vodou z okolí, která byla vytlačena expandující kavernou samotnou [12,39].

V případě rýžového těsta je vzduchová bublina obalena škrobem, který začíná vodu uvolňovat až při samotném mazovatění [34].

V další fázi pečení dochází k mazovatění škrobu a ke koalescenci a praskání vzduchových bublin za vzniku pórů. Struktura mokré pěny jako těsta se tak mění ve strukturu pevné pěny jako pečiva, ve které dochází k evaporaci vody do okolního prostředí. Voda blíže k povrchu pečiva odchází zcela samovolně. Na vodu blíže ke středu však působí koncentrační gradient působící na vodu silou blíže k povrchu, a také gradient teplotní, který má zcela opačný spád. Tento rozdíl působení sil rozhoduje vzdálenost od povrchu pečiva. Voda blíže ke středu ve středu zůstává, zatímco voda nacházející se blíže k povrchu je také k povrchu přibližována [15,39].

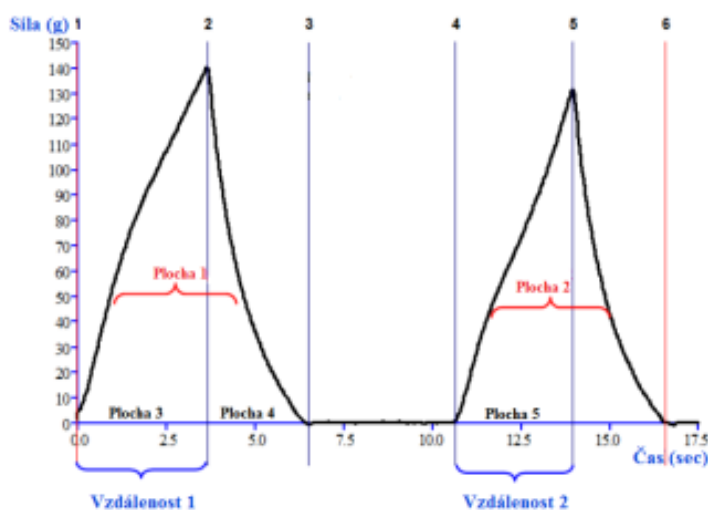
Působením teplotního gradientu je mazovatění škrobu nesouměrné. Mazovatění začíná na povrchu pečiva a pokračuje v závislosti na přítomnosti vody. Při pečení je tato voda vyčerpána na povrchu z důvodu působení vysoké teploty do 5 minut. Pod kůrkou pak až za dalších 10 minut [15,39].

Po upečení je relativní vlhkost střídy nad 95 %. Tato vlhkost se zmenšuje, neboť během stárnutí pečiva je voda v koncentračním spádu migrována k povrchu pečiva [14,39].

4 MĚŘENÍ TEXTURNÍCH VLASTNOSTÍ

K měření texturních vlastností pečiva se používá texturní profilová analýza (TPA). TPA je objektivní metoda měření vyhodnocující sílu potřebnou ke stlačení vzorku vloženého pod zatěžovací sondou v průběhu dvou zatěžovacích cyklů. Tato stlačení simulují pohyb potravy v ústech, přesněji žvýkání [41, 42, 43].

Cykly stlačení znázorňuje křivka rozdělená na dvě části uvedené na obrázku 2.



Obrázek 2 Křivka zaznamenaná na texturním profilovém analyzátoru [41].

Vlastnosti měřené pomocí TPA sledované u pečiva jsou tvrdost, soudržnost, pružnost, žvýkatelnost a přilnavost [42].

4.1 Tvrdost

Tvrdost (hardness) představuje sílu vyvolanou na vzorek pečiva během prvního stlačení [42,43].

4.2 Kohezivnost

Kohezivnost (cohesiveness) neboli soudržnost vzorku, je síla deformace, kterou je vzorek schopen snášet, dokud není deformace úplná. Představuje i pojmy jako lámavost a rozpadavost vzorku [42,43].

4.3 Pružnost

Pružnost (springness) je míra, do které je vzorek schopen deformaci snést a po skončení působení síly deformace se zase navrátí do své původní výšky před stlačením [42,43].

4.4 Žvýkatelnost

Žvýkatelnost (chewiness) vyjadřuje energii potřebnou pro úpravu potravy do vhodného stavu k polknutí [42,43].

4.5 Přílnavost

Přílnavost (resilience) znázorňuje, jak rychle se vzorek navrátí do původního stavu vzhledem k použité síle na jeho deformaci [42,43].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo zjistit vliv přídavku vody a doby hnětení na texturní charakteristiky a specifický objem rýžového pečiva. Cíl byl rozdělen do několika dílčích cílů:

- a) ověření optimálních přídavků vody v receptuře bezlepkového rýžového pečiva,
- b) zjištění vlivu přídavku vody na texturní vlastnosti pečiva,
- c) zjištění vlivu doby hnětení na texturní vlastnosti pečiva.

6 SPECIFIKACE POUŽITÝCH MATERIÁLŮ

Pro výrobu bezlepkového chlebu byly použity základní suroviny jako je jemně mletá rýžová mouka, sušené droždí, sůl, cukr a voda. Následná měření probíhala na texturním analyzátoru, vahách a pomocí odměrného válce a plastového plnidla pro měření objemu.

6.1 Použité suroviny pro výrobu rýžového chlebu

Byla použita mouka hladká rýžová od výrobce ADVENI MEDICAL, spol. s.r.o., Česká republika. Výživové údaje této mouky jsou uvedeny v tabulce 1:

Tabulka 1 Výživové údaje hladké rýžové mouky ADVENI MEDICAL

| Výživové údaje na 100 g mouky | |
|---------------------------------|--------------------|
| Energetická hodnota | 1484 kJ / 349 kcal |
| Tuky | 0,6 g |
| z toho nasycené mastné kyseliny | 0,3 g |
| Sacharidy | 79 g |
| z toho cukry | 0 g |
| Bílkoviny | 7,0 g |
| Vláknina | neuvedeno |
| Sůl | 0,03 g |

Dalšími použitými surovinami k přípravě bezlepkového rýžového chlebu byly:

- cukr krupice od výrobce Cukrovar Vrbátky a.s., Česká republika,
- sůl jedlá, vakuovaná s jodem od výrobce K+S, Česká republika,
- sušené droždí od výrobce S.I.Lesaffre, Francie,
- pitná voda.

6.2 Použité přístroje

Pro přípravu a zhotovení bezlepkového výrobku byla potřeba následující zařízení:

- laboratorní váhy od výrobce KERN DLB, Česká republika,
- kuchyňský robot od výrobce ETA a.s., Česká republika,
- kombinovaná pec s kynárnou od výrobce MIWE cube od výrobce Pekass s.r.o., Česká republika.

- forma bochníková DELÍCIA SiliconPRIME o rozměrech 26,5 x 12 x 7 cm od výrobce TESCO MA s.r.o., Česká republika.

K změření a hodnocení vlastností bezlepkového výrobku byla použita tato zařízení:

- laboratorní váhy od výrobce KERN DLB, Česká republika,
- kalibrovaný odměrný válec,
- plastový granulát od výrobce PLASTIKA a.s., Kroměříž,
- vzorkovač pro texturní analýzu,
- texturní analyzátor TA.XT plus od výrobce Stable Micro Systems Ltd., Velká Británie,
- válcová sonda 50 mm (P/50).

7 POPIS POUŽITÝCH METOD

V následující kapitole je popsána výroba rýžového chleba a hodnocení výsledných vzorků pečiva.

7.1 Výroba bezlepkového rýžového chlebu

Pro výrobu rýžového chlebu byly použity 3 různé přísady vody, a to přísady 96 %, 76 % a 65 % vody, které se jeví jako nejlepší pro průkaz vlivu přísady vody na texturu pečiva. Dále pro zjištění vlivu doby hnětení na texturu pečiva byly zahrnuty i dvě různé doby hnětení těsta, a to po dobu 2 a 10 minut. U každé receptury byly vytvořeny dva dílčí vzorky.

Následující tabulka obsahuje návážky vody jednotlivých receptur:

Tabulka 2 Návážka vody jednotlivých receptur.

| Receptura | Přídavek vody [%] | Doba hnětení [min] | Hmotnost vody [g] |
|-----------|-------------------|--------------------|-------------------|
| A | 96 | 2 | 288 |
| B | 96 | 10 | 288 |
| C | 76 | 2 | 228 |
| D | 76 | 10 | 228 |
| E | 65 | 2 | 195 |
| F | 65 | 10 | 195 |

Tabulka 3 obsahuje návážky ostatních surovin:

Tabulka 3 Návážky ostatních surovin.

| Surovina | Hmotnost [g] |
|----------|--------------|
| Mouka | 300 |
| Cukr | 5,58 |
| Droždí | 5,4 |
| Sůl | 4,5 |

Nejdříve bylo sušené droždí aktivováno rehydratací ve vodě o teplotě 35 ± 1 °C s rozpuštěným cukrem. Po reaktivaci droždí byly následně všechny suroviny smíchány dohromady a hněteny po dobu 2 ± 1 nebo 10 ± 1 minut. Těsto bylo rozdělené na 2 díly, které byly zváženy každý zvlášť. Následně byly vloženy do forem a přemístěny do kynárny na 20 ± 2 minut o teplotě 30 ± 1 °C a relativní vlhkosti 85 ± 1 %. Po vykynutí bylo těsto přemístěno do vyhřáté pece a po dobu 20 ± 2 minut bylo pečeno při 185 ± 1 °C se zapařením.

Výrobek byl ponechán po dobu minimálně 2 hodin k chlazení a následně byly hodnoceny jeho vlastnosti.

7.2 Hodnocení bezlepkového rýžového chlebu

U vzorku byla hodnocena ztráta pečením, specifický objem výrobku, tvrdost, pružnost, elasticita, kohezivnost a žvýkatelnost.

7.2.1 Ztráta pečením

Ztráta pečením byla vypočtena ze změřené hmotnosti těsta před pečením a vychladnutého výrobku po pečení. Pomocí následujícího vzorce byla vypočítána ztráta pečením:

$$ZP = \left(\frac{m_t - m_p}{m_t} \right) \cdot 100$$

kde: ZP ztráta pečením [%]
m_t hmotnost těsta před pečením [g]
m_p hmotnost pečiva po pečení [g]

7.2.2 Specifický objem pečiva

K výpočtu specifického objemu výrobku byl využit Archimédův zákon. Odměrný válec byl naplněn plastovými kuličkami po okraj. Umístěním vzorku došlo k nahrazení části kuliček ve válci, které pak představovaly objem vzorku a mohly být změřeny zvlášť v dalším válci.

Pro výpočet specifického objemu pečiva byl využit vzorec:

$$Spec. V = \frac{V_p}{m_p}$$

kde: Spec. V specifický objem pečiva [ml.g⁻¹]
V_p objem pečiva [ml]
m_p hmotnost pečiva [g]

7.2.3 Texturní profilová analýza

Texturní profilová analýza probíhala pomocí texturního analyzátoru TA.XT Plus s použitím kruhové sondy 50 mm. Z výrobku byly vykrojeny plátky střídy o průměru 3 cm. U receptur A a B bylo dílčích vzorků 5, zatímco u ostatních struktur (C až F) byly dílčí vzorky pouze 3, a to z důvodu popraskání povrchu (kůrky) a znehodnocení střídy pod touto prasklinou.

Tyto vzorky byly poté hodnoceny na tvrdost, pružnost, elasticitu, kohezivnost a žvýkatelnost pomocí texturního analyzátoru.

7.2.4 Statistická analýza výsledků

Výsledky celého hodnocení bezlepkového výrobku byly zpracovány pomocí programu Statistica CZ 13.0 od dodavatele TIBCO (Česká republika). Data byla zpracována na metodou analýzy rozptylu ANOVA. Průkaznost rozdílů mezi vzorky byla vyhodnocena Fisherovým LSD testem na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

8 POPIS ZÍSKANÝCH VÝSLEDKŮ A JEJICH DISKUSE S LITERÁRNÍMI ZDROJI

V této kapitole se nachází všechny výsledky experimentální části diplomové práce a jejich následné porovnání s výsledky podobných studií a výzkumů. Výsledky jsou v podkapitolách zaměřeny na jednotlivé sledované atributy hodnocení bezlepkového pečiva a zároveň jsou tak vysvětleny.

8.1 Výsledky

Výsledky receptur jsou okomentovány jednotlivě ke každé měřené vlastnosti pečiva.

8.1.1 Specifický objem pečiva

Na specifický objem pečiva má vliv jak přídavek vody, tak i doba hnětení. Oba parametry jsou tak důležitými činiteli při přípravě bezlepkového pečiva.

Tabulka 4 Vliv přídavku vody na specifický objem pečiva

| Vzorek | Přídavek vody [%] | Doba hnětení [min] | Specifický objem pečiva [ml/g] |
|--------|-------------------|--------------------|--------------------------------|
| A | 96 | 2 | $1,73 \pm 0,09^a$ |
| B | 96 | 10 | $1,86 \pm 0,04^b$ |
| C | 76 | 2 | $1,605 \pm 0,002^c$ |
| D | 76 | 10 | $1,44 \pm 0,04^d$ |
| E | 65 | 2 | $1,461 \pm 0,005^d$ |
| F | 65 | 10 | $1,436 \pm 0,005^d$ |

Přídavek vody má zásadní vliv na specifický objem pečiva. Nejvyšší objem pečiva 1,86 ml/g byl zaznamenán u vzorku „B“, který má nejvyšší přídavek vody. Se snižujícím se přídavkem vody v receptuře pak klesal i specifický objem pečiva. Dle výzkumu de la Hera (2013) vede použití vyššího stupně vymletí mouky k vytvoření slabší struktury těsta neschopné zadržet plyn při fermentaci těsta. U hladké mouky, která byla použita v této práci, je tak zapotřebí více vody pro hydrataci všech částic mouky, avšak příliš mnoho vody naopak může způsobit zhroucení celé struktury. Dle zmíněné studie je předpokládán nejlepší přídavek vody mezi 90–110 %, tudíž receptura „A“ a „B“ obsahující přídavek vody 96 % mají právě nejlepší hodnoty specifického objemu. To samé tvrdí i studie de la Hera (2014),

kde vzorky s nižšími přídávky vody nestačily k hydrataci všech částic těsta včetně škrobových granulí k vytvoření dostatečně silné sítě schopné zadržet plyny během pečení a jejich specifický objem byl tak nižší. Tuto domněnku potvrzuje i výsledek receptur s nižšími přídávky vody „D“, „E“, „F“, mezi kterými nebyl statisticky průkazný rozdíl ve specifickém objemu pečiva [44,45].

Tabulka 5 Vliv doby hnětení na specifický objem pečiva

| Doba hnětení [min] | Specifický objem pečiva [ml/g] |
|--------------------|--------------------------------|
| 2 | 1,6 ± 0,2 ^a |
| 10 | 1,6 ± 0,3 ^a |

Podle tabulky 4 se specifický objem pečiva zvětšoval s delší dobou hnětení pouze u vzorku „B“ s přídávkem vody 96 %, oproti ostatním vzorkům s menším přídávkem vody, kde se s delší dobou specifický objem naopak zmenšoval. Výzkum na délku hnětení od Manuel Goméz (2013) pojednává o výsledku, kdy se s delší dobou hnětení zvyšuje specifický objem pečiva. To vše za předpokladu, že je dostatečně silná struktura těsta. Pokud je dostatečně silná, dokáže plyn získaný hnětením a fermentací zadržet. Pokud struktura není silná, těsto se zhroutlí a jeho specifický objem tak bude malý [46].

Ačkoliv z předešlé tabulky jsou rozdíly v době hnětení viditelné, vliv doby hnětení na specifický objem pečiva nevykazuje žádný statisticky průkazný rozdíl.

8.1.2 Ztráta hmotnosti pečením

Hmotnostní ztráta u pečiva vzniká v důsledku odparu vody.

Tabulka 6 Vliv přidavku vody na ztrátu pečením

| Vzorek | Přídavek vody [%] | Doba hnětení [min] | Ztráty pečením [%] |
|--------|-------------------|--------------------|---------------------------|
| A | 96 | 2 | 15,8 ± 0,6 ^a |
| B | 96 | 10 | 16,1 ± 0,2 ^a |
| C | 76 | 2 | 17,0 ± 0,2 ^b |
| D | 76 | 10 | 17,46 ± 0,06 ^c |
| E | 65 | 2 | 19,9 ± 0,3 ^d |
| F | 65 | 10 | 19,1 ± 0,4 ^e |

Ztráta hmotnosti v průběhu pečení se zvyšovala spolu s klesajícím přídavkem vody. Nejvyšší ztrátu 19,9 % vykazoval vzorek „E“ s přídavkem vody 65 % a nejnižší ztráty 15,8 % měl vzorek „A“ s přídavkem vody 96 %. Mezi jednotlivými přídavky vody existuje i statisticky průkazný rozdíl a tento výsledek potvrzuje výzkum de la Hera (2014), kde se ztráta pečením zvyšuje s nižším přídavkem vody, neboť nedostatečnou hydratací celého povrchu částic v těstě dochází ke špatnému navázání vody na částice, a tím k neschopnosti vodu udržet v těstě v průběhu pečení [45].

Tabulka 7 Vliv doby hnětení na ztrátu pečením

| Doba hnětení [min] | Ztráty pečením [%] |
|--------------------|---------------------|
| 2 | 17 ± 2 ^a |
| 10 | 17 ± 2 ^a |

Vliv doby hnětení na ztrátu hmotnosti při pečení nebyl prokázán z hlediska statistiky a mezi jednotlivými časy délky hnětení u jednotného přídavku vody nebyl příliš velký rozdíl. Nebyl nalezen výzkum pojednávající o tomto vlivu, proto lze předpokládat, že vliv doby hnětení nemá na ztráty pečením žádný vliv.

8.1.3 Tvrdost

Tvrdost byla měřena pomocí texturního analyzátoru TA.XT Plus a je jedním z měřených parametrů texturní profilové analýzy.

Tabulka 8 Vliv přídavku vody na tvrdost

| Vzorek | Přídavek vody [%] | Doba hnětení [min] | Tvrdost [N] |
|--------|-------------------|--------------------|-----------------------|
| A | 96 | 2 | 13 ± 3 ^a |
| B | 96 | 10 | 7 ± 1 ^a |
| C | 76 | 2 | 76 ± 16 ^b |
| D | 76 | 10 | 89 ± 33 ^b |
| E | 65 | 2 | 198 ± 25 ^c |
| F | 65 | 10 | 215 ± 59 ^c |

Nejnižší tvrdost vykazoval vzorek „B“ 7 N a nejvyšší tvrdost 215 N vzorek „F“. Se snižujícím se přídavkem vody roste tvrdost výrobku a tento rozdíl mezi přídavky vody je i statisticky průkazný.

Výsledky výzkumu de la Hera (2014) poukazují na snižující se tvrdost s vyšším přídavkem vody a naopak. Vyvodili též závěr, že s tvrdostí souvisí i specifický objem, tedy s klesajícím specifickým objemem narůstá tvrdost skrze koncentrovanější obsah. To samé potvrdil i výzkum Różyło et al. (2015) [45,47].

Tabulka 9 Vliv doby hnětení na tvrdost

| Doba hnětení [min] | Tvrdost [N] |
|--------------------|----------------------|
| 2 | 81 ± 80 ^a |
| 10 | 84 ± 92 ^a |

Vliv doby hnětení se z hlediska tvrdosti zdá zanedbatelný, neboť se různé doby hnětení od sebe téměř neliší a ani statisticky významně se neliší. Ovšem podle výzkumu Goméz et al. (2013) má doba hnětení střídavý vliv na tvrdost, kdy při délce 2 minut je tvrdost nižší, než u délky 8 minut, ale při délce hnětení 12 minut se tvrdost snížila na hodnotu nižší, než při délce hnětení 2 minut. Výsledky diplomové práce pak tento skok zaznamenávají u vzorku „B“, který měl nižší tvrdost než vzorek „A“ se stejným přídavkem vody, jen s kratší dobou

hnětení. Ostatní vzorky s delší dobou hnětení vykazovaly vyšší tvrdost, než vzorky s nižší dobou hnětení [46].

8.1.4 Kohezivnost

Kohezivnost, neboli soudržnost střídy, byla stejně jako tvrdost měřena na texturním analyzátoru.

Tabulka 10 Vliv přídavku vody na soudržnost

| Vzorek | Přídavek vody [%] | Doba hnětení [min] | Soudržnost [%] |
|--------|-------------------|--------------------|--------------------------|
| A | 96 | 2 | 1,58 ± 0,03 ^a |
| B | 96 | 10 | 1,63 ± 0,04 ^b |
| C | 76 | 2 | 1,56 ± 0,04 ^a |
| D | 76 | 10 | 1,58 ± 0,04 ^a |
| E | 65 | 2 | 1,52 ± 0,04 ^c |
| F | 65 | 10 | 1,52 ± 0,05 ^c |

Nejnižší soudržnost střídy až 1,52 % vykazovaly vzorky „E“ a „F“ s nejnižším přídavkem vody 65 % a nejvyšší soudržnost 1,63 % pak vykazoval vzorek „B“ s přídavkem vody 96 %. Je statisticky průkazný rozdíl mezi vzorky „B“, „C“, „D“, „E“, a „F“. Kromě statistického výsledku u vzorku „A“ lze navrhnout hypotézu, kdy se s rostoucím přídavkem vody zvyšuje soudržnost. Tuto domněnku potvrzují výsledky studie de la Hera (2014), kdy s rostoucím přídavkem vody roste i kohezivnost střídy. Nízká soudržnost střídy indikuje vyšší křehkost a drobitost. Ke stejnému výsledku dospěl i výzkum od Rózyło et al. (2015) [45,47].

Tabulka 11 Vliv doby hnětení na soudržnost

| Doba hnětení [min] | Soudržnost [%] |
|--------------------|--------------------------|
| 2 | 1,56 ± 0,04 ^a |
| 10 | 1,59 ± 0,06 ^b |

U vlivu doby hnětení na soudržnost pak byl zjištěn statisticky průkazný rozdíl, kterého bylo dosaženo i ve výzkumu Goméz et al. (2013). S vyšší dobou hnětení tak podle všeho roste soudržnost střídy [44].

8.1.5 Pružnost

Pružnost je další měřená hodnota získaná pomocí texturní profilové analýzy.

Tabulka 12 Vliv přídavku vody na pružnost

| Vzorek | Přídavek vody [%] | Doba hnětení [min] | Pružnost [%] |
|--------|-------------------|--------------------|--------------------------|
| A | 96 | 2 | 0,76 ± 0,02 ^a |
| B | 96 | 10 | 0,74 ± 0,02 ^a |
| C | 76 | 2 | 0,77 ± 0,02 ^a |
| D | 76 | 10 | 0,77 ± 0,02 ^a |
| E | 65 | 2 | 0,84 ± 0,02 ^b |
| F | 65 | 10 | 0,8 ± 0,2 ^a |

Nejvyšší pružnost nad 0,8 % vykazovaly vzorky s nejnižším přídavkem vody „E“ a „F“. Vliv přídavku vody však mezi vzorky nebyl statisticky průkazný kromě vzorku „E“ s nejvyšší hodnotou 0,84 %. Díky těmto výsledkům je možné dojít k závěru, že s nižším přídavkem vody roste pružnost. Výsledky výzkumu Rózylo et al. (2015) poukazují na zcela opačný trend, kdy s rostoucím přídavkem vody by se měla pružnost naopak zvyšovat. Stejný trend byl zmíněn i ve výzkumu de la Hera (2014). Důvod tohoto rozdílu nebyl objasněn [45,47].

Tabulka 13 Vliv doby hnětení na pružnost

| Doba hnětení [min] | Pružnost [%] |
|--------------------|--------------------------|
| 2 | 0,79 ± 0,04 ^a |
| 10 | 0,75 ± 0,07 ^b |

Vliv doby hnětení je statisticky průkazně odlišný s vyšší průměrnou pružností u hnětení po dobu 2 minut než u doby hnětení 10 minut. Ve výzkumu Goméz et al. (2013) se setkáváme se stejně mírným poklesem, který však není statisticky významný. Je nutné tento vliv více prozkoumat z důvodu odporujících si závěrů dvou různých prací [46].

8.1.6 Žvýkatelnost

Žvýkatelnost je důležitým atributem ovlivňující sensorické hodnocení před pozřením jídla, a také dalším parametrem vycházejícím z texturní analýzy.

Tabulka 14 Vliv přídavku vody na žvýkatelnost

| Vzorek | Přídavek vody [%] | Doba hnětení [min] | Žvýkatelnost [N] |
|--------|-------------------|--------------------|------------------|
| A | 96 | 2 | 16 ± 3^a |
| B | 96 | 10 | $8,4 \pm 1,1^a$ |
| C | 76 | 2 | 91 ± 17^b |
| D | 76 | 10 | 108 ± 37^b |
| E | 65 | 2 | 253 ± 31^c |
| F | 65 | 10 | 248 ± 73^c |

Nejnižší hodnotu 8,4 N vykazuje vzorek „B“ s přídavkem vody 96 %. Nejvyšší hodnotu 253 N měl pak vzorek „E“ s nejnižším přídavkem vody 65 %. Přídavky vody se od sebe statisticky významně liší, tudíž přídavek vody má prokazatelný vliv na žvýkatelnost a lze předpokládat, že se zvyšujícím se přídavkem vody klesá žvýkatelnost.

Existuje jistá spojitost s vývinem hodnot tvrdosti, žvýkatelnosti a přídavku vody. S vyšším přídavkem vody klesá tvrdost a zároveň klesá i žvýkatelnost. Tuto domněnku potvrzují i ve výzkumu Różyło et al. (2015) [47].

Tabulka 15 Vliv doby hnětení na žvýkatelnost

| Doba hnětení [min] | Žvýkatelnost [N] |
|--------------------|------------------|
| 2 | 101 ± 102^a |
| 10 | 98 ± 106^a |

Vliv doby hnětení nevykazuje žádnou statisticky významnou odlišnost a není podložen ani žádným výzkumem. Dá se tak předpokládat, že doba hnětení nemá zásadní vliv na žvýkatelnost.

8.1.7 Přílnavost

Přílnavost je posledním měřeným atributem na texturním profilovém analyzátoru.

Tabulka 16 Vliv přidavku vody na přílnavost

| Vzorek | Přídavek vody [%] | Doba hnětení [min] | Přílnavost [Pa] |
|--------|-------------------|--------------------|---------------------------|
| A | 96 | 2 | 0,48 ± 0,02 ^{ab} |
| B | 96 | 10 | 0,46 ± 0,02 ^a |
| C | 76 | 2 | 0,50 ± 0,02 ^b |
| D | 76 | 10 | 0,49 ± 0,01 ^b |
| E | 65 | 2 | 0,55 ± 0,03 ^c |
| F | 65 | 10 | 0,51 ± 0,09 ^b |

Nejvyšší přílnavost vykazoval vzorek „E“ s hodnotou 0,55 Pa a nejnižší přílnavost 0,46 Pa vykazoval vzorek „B“. Statisticky významný rozdíl byl prokázán pouze u vzorku „B“, „E“ a vzorky „C“ s „D“. Z výsledků by se mohlo usoudit, že s vyšším přidavkem vody se přílnavost snižuje, avšak dle de la Hera (2014) pružnost a přílnavost spolu úzce souvisí a s přidavkem vody roste i přílnavost. Tudíž stejně jako u pružnosti, vykazují výsledky této práce opačný trend [45].

Tabulka 17 Vliv doby hnětení na přílnavost

| Doba hnětení [min] | Přílnavost [Pa] |
|--------------------|--------------------------|
| 2 | 0,50 ± 0,04 ^a |
| 10 | 0,48 ± 0,05 ^b |

Ohledně vlivu doby hnětení na přílnavost nebyl nalezen žádný výzkum, ale z výsledků této práce plyne, že je statisticky významný rozdíl mezi dobami hnětení a s rostoucí dobou hnětení klesá přílnavost.

ZÁVĚR

Tato práce se zabývala problematikou objemu a texturních vlastností pečiva z rýžové mouky bez aditiv. Pro vylepšení objemu, tvrdosti, soudržnosti střídy, pružnosti a dalších vlastností pečiva se využívá hydrokoloidů, příměsí mouk a přísad mléčných výrobků. Výzkumů o textuře rýžového pečiva bez aditiv je ale málo.

Významným vlivem na texturu rýžového pečiva má přídavek vody. Bylo prokázáno, že větší množství vody zlepšuje texturu. Tato práce se zabývala omezeným rozmezím přísad vody, a sice přísady 96 %, 76 % a 65 %. Z výsledků jsou patrné souvislosti mezi objemem pečiva a přísady vody. S narůstajícím přídavkem vody rostl i objem pečiva a tato souvislost byla podpořena od začátku i výzkumy. S nižšími přísadami vody však klesaly téměř všechny vlastnosti, a tudíž se i zhoršovala kvalita pečiva. Ať už rostla tvrdost či klesal objem pečiva, s vyšším přídavkem se tyto problémy odstranily či zmírnily.

Vliv doby hnětení není tolik probádanou problematikou, a tak je těžké najít informace na podporu výsledků této diplomové práce. Jedinými statisticky významnými rozdíly mezi vlivy na texturu pečiva v době hnětení byly u měřených vlastností jako soudržnost střídy, pružnost a přilnavost. U soudržnosti s rostoucí dobou hnětení soudržnost střídy rostla, ale u pružnosti a přilnavosti naopak klesala. Tyto výsledky u pružnosti a přilnavosti si však s dosavadními výzkumy odporovaly. Co je zcela zřejmé, a i podpořené domněnkami jiných, je to, že s delší dobou hnětení v optimálním přídavku vody se vlastnosti pečiva jednoznačně zlepšují. Tato zlepšení nebyla přítomna u nižších přísad vody a je tudíž vhodnější pohybovat se při budoucích výzkumech v optimálním rozmezí přídavku vody, což je mezi 90 a 110 % přídavku vody.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KUČEROVÁ, Jindřiška. *Technologie cereálií*. Druhé přepracované vydání. V Brně: Mendelova univerzita, 2016, 130 s. ISBN 9788075094421.
- [2] BUREŠOVÁ, Iva a Eva LORENCOVÁ. *Výroba potravin rostlinného původu: zpracování obilovin*. Ve Zlíně: Univerzita Tomáše Bati, 2013, 302 s. ISBN 9788074542787.
- [3] Vyhláška č. 18/2020 Sb. o požadavcích na mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta. In: *Portál veřejné správy* [online]. [cit. 2020-03-18]. Dostupné z: https://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=18/2020&typeLaw=zakon&what=Cislo_zakona_smlouvy
- [4] Prováděcí nařízení komise (EU) č. 828/2014 o požadavcích na poskytování informací o nepřítomnosti či sníženém obsahu lepku v potravinách spotřebitelům. In: *EUR-Lex* [online]. [cit. 2020-04-18]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A32014R0828>
- [5] BONOMI, F., FERRANTI, P., MAMONE, G. Wheat Flour: Chemistry and Biochemistry. In: ZHOU, Weibiao a Y. H. HUI, 2nd ed. *Bakery products science and technology* [online]. Chichester, West Sussex, UK: John Wiley & Sons, 2014 [cit. 2020-03-15]. DOI: 10.1002/9781118792001. ISBN 9781118792001. Dostupné také z: <http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/9781118792001>
- [6] GABROVSKÁ, Dana, Ilona HÁLOVÁ, Diana CHRPOVÁ, et al. *Obiloviny v lidské výživě: stručné shrnutí poznatků se zvýšeným zaměřením na problematiku lepku*. Praha: Potravinářská komora České republiky, Česká technologická platforma pro potraviny, 2015, 50 s. Publikace České technologické platformy pro potraviny. ISBN 9788087250280.
- [7] DELCOUR, Jan A. a R. Carl HOSENEY. *Principles of Cereal Science and Technology* [online]. Third edition. St. Paul, Minn.: AACC International, 2010 [cit. 2020-03-24]. ISBN 978-1891127632.
- Dostupné také z: https://www.academia.edu/30153914/Principles_of_Cereal_Science_and_Technology_Third_Edition
- [8] ŠEDIVÝ, Petr a Jaroslav ALBRECHT. *Pekařská technologie*. Praha: Odborné nakladatelství a vydavatelství Pekař a cukrář, 2014. Knihnice Pekaře a cukráře. ISBN 978-80-905481-0-7.

- [9] ARENDT, Elke a Fabio Dal BELLO. *Gluten-Free Cereal Products and Beverages* [online]. First edition. Academic Press, 2008 [cit. 2020-03-24]. ISBN 978-0-12-373739-7. Dostupné z: [https://www.academia.edu/28281667/Gluten-Free Cereal Products and Beverages.pdf](https://www.academia.edu/28281667/Gluten-Free-Cereal-Products-and-Beverages.pdf)
- [10] CASPER, Jeffery L., William A. ATWELL. *Gluten-Free Baked Products* [online], Elsevier Science & Technology, 2014 [cit. 2020-03-24]. ProQuest Ebook Central, <https://search.proquest.com/legacydocview/EBC/5291882?accountid=15518>.
- [11] ROSELL, C., M., GÓMEZ, M. Flours: Rice. In: ZHOU, Weibiao a Y. H. HUI, 2nd ed. *Bakery products science and technology* [online]. Chichester, West Sussex, UK: John Wiley & Sons, 2014 [cit. 2020-03-25]. DOI: 10.1002/9781118792001. ISBN 9781118792001. Dostupné také z: <http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/9781118792001>
- [12] GALLAGHER, Eimear, ed. *Gluten-Free Food Science and Technology* [online]. Oxford, UK: Wiley-Blackwell, 2009 [cit. 2020-03-29]. DOI: 10.1002/9781444316209. ISBN 9781444316209.
- [13] KANG, Tae-Young, Kee Hyuk SOHN, Mi-Ra YOON, Jeom-Sig LEE a Sanghoon KO. Effect of the shape of rice starch granules on flour characteristics and gluten-free bread quality. *International Journal of Food Science & Technology* [online]. 2015, **50**(8), 1743-1749 [cit. 2020-04-29]. DOI: 10.1111/ijfs.12835. ISSN 09505423. Dostupné z: <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ijfs.12835>
- [14] Směrnice rady 98/83/ES ze dne 3. listopadu 1998 o jakosti vody určené k lidské spotřebě. In: *EUR-Lex* [online]. [cit. 2020-04-28]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A31998L0083>
- [15] CHUNG CHIEH, P. Baking Ingredients: Water. In: ZHOU, Weibiao a Y. H. HUI, 2nd ed. *Bakery products science and technology* [online]. Chichester, West Sussex, UK: John Wiley & Sons, 2014 [cit. 2020-03-29]. DOI: 10.1002/9781118792001. ISBN 9781118792001. Dostupné také z: <http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/9781118792001>
- [15] DIMUZIO, Daniel T. *Bread baking: an artisan's perspective*. Hoboken, N.J.: John Wiley 2010, 272 s. ISBN 978-0-470-13882-3.

- [16] RÁNDEZ-GIL, F., BALLESTER-TOMÁS, L., PRIETO, J. A. Baking Ingredients: Yeast. In: ZHOU, Weibiao a Y. H. HUI, 2nd ed. *Bakery products science and technology* [online]. Chichester, West Sussex, UK: John Wiley & Sons, 2014 [cit. 2020-03-29]. DOI: 10.1002/9781118792001. ISBN 9781118792001. Dostupné také z: <http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/9781118792001>
- [17] CAUVAIN, S. P.. Bread Making: Improving Quality. *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition*. 2003, 608 s. ISBN 978-1-855-73712-9.
- [18] DE LEYN, I. Baking Ingredients: Other Leavening Agents. In: ZHOU, Weibiao a Y. H. HUI, 2nd ed. *Bakery products science and technology* [online]. Chichester, West Sussex, UK: John Wiley & Sons, 2014 [cit. 2020-03-29]. DOI: 10.1002/9781118792001. ISBN 9781118792001. Dostupné také z: <http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/9781118792001>
- [19] EDWARDS, W. P. *The Science of Bakery Products* [online]. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2007 [cit. 2020-04-02]. DOI: 10.1039/9781847557797. ISBN 978-0-85404-486-3.
- [20] MAYORGA, B. O., GÓMEZ, M. Baking Ingredients: Dairy Ingredients. In: ZHOU, Weibiao a Y. H. HUI, 2nd ed. *Bakery products science and technology* [online]. Chichester, West Sussex, UK: John Wiley & Sons, 2014 [cit. 2020-04-02]. DOI: 10.1002/9781118792001. ISBN 9781118792001. Dostupné také z: <http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/9781118792001>
- [21] MAYORGA, B. O., GÓMEZ, M. Baking Ingredients: Eggs. In: ZHOU, Weibiao a Y. H. HUI, 2nd ed. *Bakery products science and technology* [online]. Chichester, West Sussex, UK: John Wiley & Sons, 2014 [cit. 2020-04-02]. DOI: 10.1002/9781118792001. ISBN 9781118792001. Dostupné také z: <http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/9781118792001>
- [22] MARIOTTI, M., LUCISANO, M. Baking Ingredients: Sugar and Sweeteners. In: ZHOU, Weibiao a Y. H. HUI, 2nd ed. *Bakery products science and technology* [online]. Chichester, West Sussex, UK: John Wiley & Sons, 2014 [cit. 2020-04-02]. DOI: 10.1002/9781118792001. ISBN 9781118792001. Dostupné také z: <http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/9781118792001>
- [23] MARANGONI, A., GOLDSTEIN, A., SEETHARAMAN, K. Baking Ingredients: Lipids: Properties and Functionality. In: ZHOU, Weibiao a Y. H. HUI, 2nd ed. *Bakery*

products science and technology [online]. Chichester, West Sussex, UK: John Wiley & Sons, 2014 [cit. 2020-04-02]. DOI: 10.1002/9781118792001. ISBN 9781118792001. Dostupné také z: <http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/9781118792001>

[24] DE LEYN, I. Baking Ingredients: Other Functional Additives. In: ZHOU, Weibiao a Y. H. HUI, 2nd ed. *Bakery products science and technology* [online]. Chichester, West Sussex, UK: John Wiley & Sons, 2014 [cit. 2020-04-02]. DOI: 10.1002/9781118792001. ISBN 9781118792001. Dostupné také z: <http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/9781118792001>

[25] PRASADA RAO, U. J. S., HEMALATHA, M. S. Baking Ingredients: Enzymes. In: ZHOU, Weibiao a Y. H. HUI, 2nd ed. *Bakery products science and technology* [online]. Chichester, West Sussex, UK: John Wiley & Sons, 2014 [cit. 2020-04-02]. DOI: 10.1002/9781118792001. ISBN 9781118792001. Dostupné také z: <http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/9781118792001>

[26] RAVEENDRAN, Sindhu, B. PARAMESWARAN, S. B. UMMALYMA, A. ABRAHAM, A. K. MATHEW, A. MADHAVAN, S. REBELLO a A. PANDEY. Applications of Microbial Enzymes in Food Industry. *Food Technology and Biotechnology* [online]. 2018, **56**(1) [cit. 2020-04-08]. DOI: 10.17113/ftb.56.01.18.5491. ISSN 13309862. Dostupné z: http://www.ftb.com.hr/images/pdfarticles/2018/January-March/FTB-56_016.pdf

[27] SAHI, S. S. Baking Ingredients: Ascorbic Acid and Redox Agents in Bakery Systems. In: ZHOU, Weibiao a Y. H. HUI, 2nd ed. *Bakery products science and technology* [online]. Chichester, West Sussex, UK: John Wiley & Sons, 2014 [cit. 2020-04-08]. DOI: 10.1002/9781118792001. ISBN 9781118792001. Dostupné také z: <http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/9781118792001>

[28] MAINTZ, R., J. POPRAC, B. SABO. *Technológia pekárskej výroby*. Batislava: PROMP, 2002., 239 s. ISBN 80-968366-4-1

[29] HAEGENS, N. Baking Science and Technology: Mixing, Dough Making, and Dough Make-up. In: ZHOU, Weibiao a Y. H. HUI, 2nd ed. *Bakery products science and technology* [online]. Chichester, West Sussex, UK: John Wiley & Sons, 2014 [cit. 2020-04-14]. DOI: 10.1002/9781118792001. ISBN 9781118792001. Dostupné také z: <http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/9781118792001>

- [30] ORTOLAN, Fernanda a Caroline Joy STEEL. Protein Characteristics that Affect the Quality of Vital Wheat Gluten to be Used in Baking: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* [online]. 2017, **16**(3), 369-381 [cit. 2020-04-14]. DOI: 10.1111/1541-4337.12259. ISSN 15414337. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1541-4337.12259>
- [31] MONDAL, Arpita a A.K. DATTA. Bread baking – A review. *Journal of Food Engineering* [online]. 2008, **86**(4), 465-474 [cit. 2020-04-17]. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2007.11.014. ISSN 02608774. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877407005869>
- [32] AMAGLIANI, Luca, Jonathan O'REGAN, Alan L. KELLY a James A. O'MAHONY. The composition, extraction, functionality and applications of rice proteins: A review. *Trends in Food Science & Technology* [online]. 2017, **64**, 1-12 [cit. 2020-04-27]. DOI: 10.1016/j.tifs.2017.01.008. ISSN 09242244. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092422441630070X?via%3Dihub>
- [33] YANO, Hiroyuki. Recent practical researches in the development of gluten-free breads. *Npj Science of Food* [online]. 2019, **3**(1) [cit. 2020-04-18]. DOI: 10.1038/s41538-019-0040-1. ISSN 2396-8370. Dostupné z: <https://www.nature.com/articles/s41538-019-0040-1>
- [34] THERDTHAI, N. Baking Science and Technology: Fermentation. In: ZHOU, Weibiao a Y. H. HUI, 2nd ed. *Bakery products science and technology* [online]. Chichester, West Sussex, UK: John Wiley & Sons, 2014 [cit. 2020-04-18]. DOI: 10.1002/9781118792001. ISBN 9781118792001. Dostupné také z: <http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/9781118792001>
- [35] PŘÍHODA, Josef, Marie HRUŠKOVÁ a Pavel SKŘIVAN. *Cereální chemie a technologie*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2003. ISBN 8070805307
- [36] LUCAS, T. Baking Science and Technology: Baking. In: ZHOU, Weibiao a Y. H. HUI, 2nd ed. *Bakery products science and technology* [online]. Chichester, West Sussex, UK: John Wiley & Sons, 2014 [cit. 2020-04-18]. DOI: 10.1002/9781118792001. ISBN 9781118792001. Dostupné také z: <http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/9781118792001>

- [37] LIKITWATTANASADE, Teerarat a Parichat HONGSPRABHAS. Effect of storage proteins on pasting properties and microstructure of Thai rice. *Food Research International* [online]. 2010, **43**(5), 1402-1409 [cit. 2020-04-21]. DOI: 10.1016/j.foodres.2010.04.011. ISSN 09639969. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996910001110>
- [38] WAGNER, Muriel J., T. LUCAS, D. LE RAY a G. TRYSTRAM. Water transport in bread during baking. *Journal of Food Engineering* [online]. 2007, **78**(4), 1167-1173 [cit. 2020-04-17]. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2005.12.029. ISSN 02608774. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877406000276?via%3Dihub>
- [39] Armero, E., & Collar, C. (1997). Texture properties of formulated wheat doughs Relationships with dough and bread technological quality. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und-forschung A*, **204**(2), 136-145.
- [40] *Texture Technologies Corp. Texture Profile Analysis*. Texture Technologies: Texture Analysis Instruments for Foods, Pharmaceuticals, Adhesives, Cosmetics and more [online]. Dostupné z: <http://texturetechnologies.com/resources/texture-profile-analysis>
- [41] JEŽEK, František. *Senzorická analýza potravin: návody na cvičení*. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2014.
- [42] SZCZESNIAK, Alina Surmacka. Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference* [online]. 2002, **13**(4), 215-225 [cit. 2020-04-18]. DOI: 10.1016/S0950-3293(01)00039-8. ISSN 09503293. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950329301000398?via%3Dihub>
- [43] DE LA HERA, Esther, Manuel GOMEZ a Cristina M. ROSELL. Particle size distribution of rice flour affecting the starch enzymatic hydrolysis and hydration properties. *Carbohydrate Polymers* [online]. 2013, **98**(1), 421-427 [cit. 2020-04-19]. DOI: 10.1016/j.carbpol.2013.06.002. ISSN 01448617. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861713005973?via%3Dihub>
- [44] DE LA HERA, Esther, Cristina M. ROSELL a Manuel GOMEZ. Effect of water content and flour particle size on gluten-free bread quality and digestibility. *Food Chemistry* [online]. 2014, **151**, 526-531 [cit. 2020-04-19]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.11.115. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814613018037>

[45] GÓMEZ, Manuel, María TALEGÓN a Esther DE LA HERA. Influence of Mixing on Quality of Gluten-Free Bread. *Journal of Food Quality* [online]. 2013, **36**(2), 139-145 [cit. 2020-04-19]. DOI: 10.1111/jfq.12014. ISSN 01469428. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jfq.12014>

[46] RÓŻYŁO, Renata, Dariusz DZIKI, Urszula GAWLIK-DZIKI, Grażyna CACAK-PIETRZAK, Antoni MIŚ a Stanisław RUDY. Physical properties of gluten-free bread caused by water addition. *International Agrophysics* [online]. 2015, **29**(3), 353-364 [cit. 2020-04-29]. DOI: 10.1515/intag-2015-0042. ISSN 2300-8725. Dostupné z: <http://archive.sciendo.com/INTAG/intag.2015.29.issue-3/intag-2015-0042/intag-2015-0042.pdf>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

| | |
|------------------|--|
| a.s. | Akciová společnost |
| α | Alfa |
| β | Beta |
| °C | Stupeň Celsia |
| cm | Centimetr |
| EU | Evropská unie |
| g | Gram |
| H ₂ O | Molekula vody |
| HMSP | Vysokomolekulární zásobní pšeničná bílkovina |
| HMW | Vysokomolekulární podjednotka |
| kcal | Kilokalorie |
| kJ | Kilojoule |
| kg | Kilogram |
| l | Litr |
| LMSP | Nízkomolekulární zásobní pšeničná bílkovina |
| LMW | Nízkomolekulární podjednotky |
| m | Hmotnost |
| min | Minuta |
| ml | Mililitr |
| mm | Milimetr |
| mmol | Milimol |
| MZe | Ministerstvo Zemědělství |
| N | Newton |
| NIR | Near Infrared Spectroscopy |
| Pa | Pascal |

| | |
|--------|-------------------------------|
| s.r.o. | Společnost s ručeným omezením |
| TPA | Texturní profilová analýza |
| V | Objem |
| ZP | Ztráty pečením |
| % | Procento |

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|--|----|
| Obrázek 1 Srovnání mechanismu kynutí (a) a skutečného pohledu na kynutí těsta (b) [34]. | 24 |
| Obrázek 2 Křivka zaznamenaná na texturním profilovém analyzátoru [41]...... | 28 |

SEZNAM TABULEK

| | |
|--|----|
| Tabulka 1 Výživové údaje hladké rýžové mouky ADVENI MEDICAL..... | 32 |
| Tabulka 2 Navážka vody jednotlivých receptur. | 34 |
| Tabulka 3 Navážky ostatních surovin..... | 34 |
| Tabulka 4 Vliv přídatku vody na specifický objem pečiva | 37 |
| Tabulka 5 Vliv doby hnětení na specifický objem pečiva..... | 38 |
| Tabulka 6 Vliv přídatku vody na ztrátu pečením..... | 39 |
| Tabulka 7 Vliv doby hnětení na ztrátu pečením | 39 |
| Tabulka 8 Vliv přídatku vody na tvrdost | 40 |
| Tabulka 9 Vliv doby hnětení na tvrdost..... | 40 |
| Tabulka 10 Vliv přídatku vody na soudržnost..... | 41 |
| Tabulka 11 Vliv doby hnětení na soudržnost | 41 |
| Tabulka 12 Vliv přídatku vody na pružnost | 42 |
| Tabulka 13 Vliv doby hnětení na pružnost..... | 42 |
| Tabulka 14 Vliv přídatku vody na žvýkatelnost | 43 |
| Tabulka 15 Vliv doby hnětení na žvýkatelnost | 43 |
| Tabulka 16 Vliv přídatku vody na přilnavost | 44 |
| Tabulka 17 Vliv doby hnětení na přilnavost..... | 44 |

