

Zlepšení kvality a prodloužení trvanlivosti pečiva vyrobeného ze zmrazeného polotovaru

Ing. Lucie Pemikářová, Ph.D.

Teze disertační práce

Teze disertační práce

Zlepšení kvality a prodloužení trvanlivosti pečiva vyrobeného ze zmrazeného polotovaru

**Improving the quality and extending the shelf life of frozen semi-
finished bakery products**

Autor: **Ing. Lucie Pernikářová, Ph.D.**

Studijní program: P2901 Chemie a technologie potravin
Studijní obor: 2901V013 Technologie potravin

Školitel: doc. RNDr. Iva Burešová, Ph.D.
Oponenti: prof. Dr. Ing. Luděk Hřivna
prof. Ing. Jiří Mlček, Ph.D.
doc. Ing. Libor Červenka, Ph.D.

Zlín, leden 2021

© Lucie Pernikářová

Vydala **Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně** v edici **Doctoral Thesis Summary**.

Publikace byla vydána v roce 2021.

Klíčová slova: bezlepkové pečivo, pečivo ze zmrazeného polotovaru, specifický objem, texturní vlastnosti

Key words: gluten-free bread, frozen semi-finished bread, specific volume, textural properties

Plná verze disertační práce je dostupná v Knihovně UTB ve Zlíně.

ISBN 978-80-7454-979-3

OBSAH

ABSTRAKT.....	4
ABSTRACT.....	5
1. SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	6
1.1 Charakteristika pečiva	6
1.2 Bezlepkové pečivo	7
1.3 Průmyslové zmrazování	8
1.4 Negativní dopad mrazení na vlastnosti těsta a pečiva.....	11
1.4.1 Hydrokoloidy	13
1.4.2 Úprava receptury pro zmrazování	14
1.5 Metody testování vlastností těsta	14
2. CÍLE PRÁCE.....	15
3. MATERIÁL A METODY	16
3.1 Použitý materiál.....	16
3.2 Metodika práce	16
3.2.1 Tahová zkouška	16
3.2.2 Výroba pečiva.....	17
3.2.3 Specifický objem	19
3.2.4 Texturní profilová analýza.....	19
3.2.5 Senzorická analýza	20
3.2.6 Statistické zpracování dat	20
4. VÝSLEDKY A DISKUZE	21
4.1 Tahová zkouška.....	21
4.1.1 Amarantové těsto	21
4.1.2 Cizrnové těsto	23
4.1.3 Pohankové těsto	25
4.2 Specifický objem.....	27
4.2.1 Amarantové pečivo	27
4.2.2 Cizrnové pečivo	28
4.2.3 Pohankové pečivo	29
4.3 Texturní profilová analýza	30
4.3.1 Amarantové pečivo	30
4.3.2 Cizrnové pečivo	32
4.3.3 Pohankové pečivo.....	34
4.4 Senzorická analýza.....	37
4.5 Diskuze	38
5. PŘÍNOS PRÁCE PRO VĚDU A PRAXI	40
6. ZÁVĚR	41
7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	43
8. SEZNAM OBRÁZKŮ	48
9. SEZNAM TABULEK	50
10. SEZNAM PUBLIKACÍ AUTORA.....	51
11. CURRICULUM VITAE.....	52

ABSTRAKT

Cílem disertační práce bylo zabývat se problematikou bezlepkového pečiva vyrobeného ze zmrazeného těsta, nebo polotovaru. Pečivo, které bylo v průběhu svého technologického procesu vystaveno mrazení, je v současné době hojně k dostání v tržní síti. Tento druh výrobků s sebou nese jak pozitiva – zásobování „čerstvým“ pečivem v průběhu celého dne, tak negativa – zhoršení texturních vlastností v porovnání s čerstvě upečeným pečivem.

V praktické části byly sledovány reologické vlastnosti bezlepkového biologicky kypřeného těsta, které bylo podrobeno mrazírenským teplotám. Bylo vyrobeno pečivo z amarantové, cizrnové a pohankové mouky, s přísadou vody 65, 70 a 75 % (hmotnostní procenta vztažena na hmotnost mouky). Vzorky bezlepkového pečiva byly vyrobeny dle dvou receptur, kdy jedna receptura byla základní a v druhé receptuře byla přidána xantanová guma a instantní rýžová mouka jakožto přídatné látky. Hodnotily se dva typy bezlepkového pečiva – pečivo vyrobené ze zmrazeného těsta a pečivo vyrobené ze zmrazeného polotovaru. K hodnocení reologických vlastností byla použita metoda tahové zkoušky. Následně byly zkoumány texturní parametry a specifický objem bezlepkového pečiva vyrobeného ze zmrazeného těsta a polotovaru. Texturní vlastnosti a specifický objem zmrazených vzorků byly srovnány s čerstvě upečenými výrobky dle základní receptury. Na závěr testování byly všechny typy pečiva sensoricky vyhodnoceny metodou sensorické analýzy s využitím hédonické stupnice.

Všechny vzorky bezlepkového pečiva, které prošly mrazicím procesem, měly průkazně horší hodnoty specifického objemu, texturních vlastností a sensorické analýzy. Použití xantanové gumy průkazně ovlivnilo pouze některé zkoumané vlastnosti bezlepkového pečiva, zejména snížení tvrdosti u cizrnového a pohankového pečiva. Použití instantní rýžové mouky pozitivně ovlivnilo sensorickou analýzu (chuť a vůni) cizrnového a pohankového pečiva vyrobeného ze zmrazeného těsta a polotovaru.

ABSTRACT

The aim of the dissertation thesis was to deal with the issue of gluten-free breads made from frozen dough and semi-finished products. Breads that have been frozen during technological process are currently widely available on the market. These products deal with positives (the supply of „fresh“ bread during the day) and negatives (worse textural properties).

In the practical part, the rheological properties of gluten-free biologically leavened frozen dough were monitored. Gluten-free breads were made from amaranth, chickpea and buckwheat flour with water additions of 65, 70 and 75 % (weight percent based on the weight of the flour). Samples of gluten-free breads were made according to two recipes. The first recipe was basic and the second recipe contained additives - xanthan gum and instant rice flour. Two types of gluten-free pastries were evaluated – gluten-free breads made from frozen dough and gluten-free breads made from frozen semi-finished products. The extension test was used to evaluate the rheological properties. The texture parameters and the specific volume of gluten-free breads made from frozen dough and semi-finished products were measured. The textural properties and the specific volume of frozen samples were compared with fresh baked products according to the basic recipe. At the end of testing, all types of bread were evaluated by sensory analysis using a hedonic scale.

All samples of gluten-free breads that were frozen had significantly worse values of specific volume, textural properties and sensory analysis. The use of xanthan gum significantly affected only some of the measured textural properties of gluten-free breads - the hardness reduction of chickpea and buckwheat breads. The use of instant rice flour had a positive effect on the sensory analysis (taste and aroma) of chickpea and buckwheat breads made from frozen dough and semi-finished products.

1. SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Pekařské výrobky mají velmi krátkou trvanlivost a jejich kvalita je závislá na době mezi upečením a spotřebou, a proto mohou nastat problémy s plynulým zásobováním trhu. Pekárenský trh se neustále vyvíjí a musí být schopen se rychle přizpůsobovat požadavkům zákazníka, být flexibilní a schopen produkovat mnoho různých výrobků v průběhu celého dne (Bárcenas et al., 2003 a; Olivera et al., 2009). Jedním z požadavků spotřebitelů je zvyšující se poptávka po čerstvě upečeném pečivu, jehož nevýhodou v průběhu delšího skladování je rychlé tvrdnutí, ztráta chuti, čerstvosti a případné mikrobiologické změny, např. začínají se vyskytovat plísně. Dalším problémem je v pekárnách výroba pečiva v závislosti na sezónním období, např. o Velikonocích, Vánocích, Silvestru, kdy se musí vyrábět větší objemy, které se ovšem zcela neprodají; a naopak někdy vyrobené pečivo nedostačuje poptávce zákazníka. Proto se hledá cesta, jak vyrábět pekárenské produkty „do zásoby“, ale s co nejvyšší kvalitou. Optimálním východiskem je konzervace nízkou teplotou, která může být použita téměř ve všech technologických fázích výroby a díky tomu se rozvíjí výroba pečiva ze zmrazených polotovarů, předpeků, či zmrazených těst (Bárcenas et al., 2003 a; Meziani et al., 2011).

1.1 Charakteristika pečiva

Potravinářský průmysl neustále zvyšuje rozmanitost, kvalitu, dostupnost a čerstvost potravin jako je například pečivo, a to zejména proto, že patří mezi základní potraviny (Polaki et al., 2010). Většina pečiva, které se vyrábí, je čerstvé pečivo, převážně pšeničné, ale může být i jiné (např. žitné, či bezlepkové). Vyrábí se celá řada rozmanitých druhů pekárenských výrobků, ale nejvíce je na trhu zastoupeno běžné pečivo a chléb.

Legislativní požadavky na pečivo udává vyhláška č. 18/2020 Sb. Dle této vyhlášky se čerstvým chlebem/běžným pečivem/jemným pečivem rozumí nebalený chléb/běžné pečivo/jemné pečivo, jehož celý technologický proces výroby od přípravy těsta až po upečení či obdobnou tepelnou úpravu, včetně uvedení do oběhu, nebyl přerušen zmrazením nebo jinou technologickou úpravou vedoucí k prodloužení trvanlivosti a který je zároveň nabízen k prodeji spotřebiteli nejdéle do 24 hodin po upečení či obdobné tepelné úpravě.

Vyhláškou č. 18/2020 Sb. je stanoveno uvádět povinný údaj „ze zmrazeného polotovaru“. Obecně do této kategorie pekařských výrobků spadají tyto pekařské výrobky: pečivo (běžné a jemné) a chléb vyráběné dopečením ze zmrazeného

předpečeného polotovaru („klasicky“ chápané dopeky, zpravidla dopékané na prodejně) a pečivo (běžné a jemné) a chléb, u kterých došlo v průběhu výroby k přerušení výrobního procesu krátkodobým zmrazením nekynutých nebo částečně nakynutých těstových kusů. Podle této vyhlášky musí být viditelně umístěn v blízkosti názvu výrobku údaj „rozmrazeno“, a to u nebaleného pekařského výrobku, který byl v hotovém stavu zmrazen a spotřebiteli je nabízen v rozmrazeném stavu, na místech, kde je výrobek přímo nabízen k prodeji spotřebiteli. Dále vyhláška č. 18/2020 Sb. udává povinnost viditelně umístit v blízkosti názvu výrobku údaj „ze zmrazeného polotovaru“, a to u nebaleného pekařského výrobku, který byl dokončen ze zmrazeného polotovaru, na místech, kde je výrobek přímo nabízen k prodeji spotřebiteli.

1.2 Bezlepkové pečivo

Potraviny pro osoby s nesnášenlivostí lepku, 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, nesmí obsahovat více než 100 mg/kg lepku v potravine ve stavu, v němž je prodávána konečnému spotřebiteli. Tyto potraviny se označují výrazem výrobky s „velmi nízkým obsahem lepku“. Jestliže obsah lepku v potravine ve stavu, v němž je prodávána konečnému spotřebiteli, činí nejvýše 20 mg/kg, je výrobek značen výrazem „bez lepku“. Lepkem se rozumí bílkovinná frakce z pšenice, žita, ječmene, ova nebo jejich kříženců a derivátů, na kterou mají některé osoby nesnášenlivost a která je nerozpustná ve vodě a 0,5 M roztoku chloridu sodného (Nařízení Komise (ES) 41/2009).

Obilné výrobky, zejména chleby jsou v mnoha zemích základní složkou potravy, a proto i lidé trpící bezlepkovou dietou (celiac disease) poptávají bezlepkový chléb. Lepek tvoří hlavní strukturu pečiva a má typické viskoelastické vlastnosti, a tudíž je složité vyrobit bezlepkový biologicky kypřený chléb s dostatečnou kvalitou (Moore, et al., 2006). Bezlepkové chleby mají nedostatečnou technologickou kvalitu, především mají nízký specifický objem, tvrdší střídu a jsou náchylnější k rychlejšímu stárnutí. Pro zlepšení technologických vlastností bezlepkového pečiva se přidávají různá aditiva, například hydrokoloidy (Anton a Artfield, 2008). Mezi hydrokoloidy patří xanthanová guma, polysacharid produkovaný bakterií *Xanthomonas campestris*, která se do velké míry používá při výrobě bezlepkového pečiva, protože může hydratovat ve studené vodě a vytvářet viskózní roztok (Hager a Arendt, 2013). Podle Sciarini et al., 2010 přídavek xantanové gumy způsobil zlepšení kvality bezlepkových chlebů, především zvýšil objem pečiva a snížil tvrdost střídy.

Rýžová mouka je preferována kvůli své barvě (neutrální bezbarvá), nutričním vlastnostem, neutrální chuti, nízkým hypoalergenním vlastnostem a snadné stravitelnosti. Rýžové proteiny mají ovšem horší funkční vlastnosti, a proto je vhodné rýžovou mouku kombinovat s jinými bezlepkovými moukami. Rýžová instantní mouka je schopna dobře vázat vodu již za studena (před pečením) a po upečení je střída pečiva díky rýžové instantní mouce vláčnější. (Cornejo a Rosell, 2015; Renzetti a Rosell, 2016). Na základě předchozích poznatků byla rýžová instantní mouka přidána do receptury č. 2, aby sensoricky neovlivnila bezlepkové pečivo. Dá se také předpokládat, že přidavkem rýžové instantní mouky se zlepší extenzografické vlastnosti (tažnost) bezlepkových těst, jelikož se předpokládá, že základ bezlepkových těst je tvořen gelem z arabinoxylanů. Pevnost tohoto gelu je vyšší díky vodíkovým vazbám mezi arabinoxylanovými řetězci. Řetězce arabinoxylanů se spojují jen v krátkých úsecích, tato spojení ovšem nejsou stabilní, a tudíž se mohou rozpojit již při nízkém mechanickém namáhání (Izydorszyk a Bilianderis, 1995).

1.3 Průmyslové zmrazování

Při zmrazování těsta musí být co nejrychleji, obvykle do 30 minut, překonáno tzv. pásmo maximální tvorby ledových krystalů, které je v rozmezí 0 až -7 °C. Při pomalém zmrazování by se tvořilo malé množství velkých krystalů, které by poškodily vnitřní strukturu pečiva, proto je pomalé zmrazování nežádoucí. Díky rychlému, nebo též šokovému zmrazování, se tvoří velké množství malých ledových krystalů, které strukturu zmrazovaného výrobku poškozují méně (obr. 1) (Příhoda et al., 2003).



Obr. 1: Struktura tvorby ledových krystalů (Herausgeber, 1993)

Technologické postupy výroby zmrazovaných těst a předpečených polotovarů jsou většinou stejné jako u běžných pekárenských výrobků. V praxi jsou rozlišovány dva druhy předpečených zmrazených výrobků – předpeky (ready-baked) a polopeky (pre-baked). **Polopeky** jsou upečeny na 60 – 70 % a mají světlou, téměř bílou kůrku. Výhoda polopeků je v jejich vzhledu podobajícím se těstu, a tudíž působí jako čerstvý klonek těsta. Mezi nevýhody patří následná delší doba dopékání a výrazné objemové ztráty. **Předpeky** jsou dopečené na 80 – 90 % a již mají vybarvenou, ale tenkou kůrku. Jejich výhodou je rychlé dopečení a nižší náchylnost ke stárnutí. Hlavní nevýhody předpeků jsou vysoké ztráty vody, které nastávají již v průběhu předpékání, a také vzhled téměř dopečeného výrobku (Herausgeber, 1993).

Po vychladnutí se předpečené výrobky mohou ihned šokově zamrazovat, nebo balit do řízené atmosféry, ve které je přítomno 70 % N₂ a 30 % CO₂. Předpečené výrobky mohou být v obalu s řízenou atmosférou skladovány 6 až 8 týdnů. Těsta určená ke zmrazování mohou být částečně předkynutá, ale celá fáze kynutí může probíhat až po rozmrazení. Polotovary, předpeky i výrobky z rozmrazených těst se pečou stejnou dobu jako by se peklo čerstvé pečivo, ale rozdíl je v použití nižších teplot (Bárcenas et al., 2004; Příhoda et al., 2003).

V pekárenském průmyslu mohou být používány následující metody zmrazování těst a předpečených polotovarů: zmrazování v proudu vzduchu, kontaktní zmrazování, kryogenní zmrazování a dvoustupňové zmrazování. **Zmrazování v proudu vzduchu** je nejstarší průmyslově používaný způsob zmrazování. Výrobek, který má být zmrazen, je vystaven proudu ledového vzduchu o teplotě -29 až -40 °C a rychlosti proudění 4 – 10 m.s⁻¹. Nejčastěji používány jsou spirálové dopravníky v mrazicím zařízení. **Kontaktní zmrazování** se používá pouze ke zmrazování balených výrobků s plochým vnějším povrchem. Zařízení pro tento typ zmrazování je tvořeno sadou horizontálně uspořádaných desek, kolem kterých koluje mrazicí medium. Styk desek s produktem musí být bezprostřední, bez vzduchových mezer – chlazení je tudíž velmi intenzivní. Nevýhodou kontaktního zmrazování je omezení zpracovaných výrobků různých velikostí a vyšší provozní náklady. U **kryogenního zmrazování** jsou výrobky vystaveny působení kryogenních plynů, hlavně CO₂. Plyny jsou inertní, čisté a při přímém styku s potravinou ji chuťovými a dalšími smyslovými ukazateli neovlivňují. V současné době je také hojně využíván stlačený dusík, který se vyrábí ze vzduchu a převáží se v kapalném stavu (skladuje se při teplotě -176 °C). Kapalným dusíkem má

pro zmrazování výrobků teplotu -43 až -54 °C a aplikuje se na výrobky rozprašováním. Při skupenském přechodu z kapalné do plynné fáze odebírá teplo z výrobků a uvolňuje je do okolní atmosféry. Výhodou kryogenního zmrazování je kratší doba, jednoduchá aplikace, nižší náklady na zařízení a lepší jakost finálních produktů. Nevýhodou jsou vysoké provozní náklady především kvůli vysoké ceně kryogenu. Další nevýhodou je vysoký rozdíl teplot na povrchu a uvnitř výrobku, kdy dochází k vnitřnímu pnutí a vzniku trhlin na povrchu výrobku (Příhoda et al., 2003; Skalický, 2009). Posledním typem průmyslového zmrazování je **dvoustupňové zmrazování**, kdy v první fázi se povrch výrobku rychle zmrazí pomocí kryogenního postupu, na povrchu se vytvoří krusta, která minimalizuje ztráty vlhkosti. První fáze je tedy šokové zmrazení na teplotu kolem -40 °C. Ve druhé fázi se zmrazování dokončí při teplotě -18 °C, při které se také výrobek skladuje. Tato forma zmrazování je typická pro předpečené výrobky (Příhoda et al., 2003).

U šokového zmrazování je cílem dosáhnout teploty jádra střídý -7 °C. Šokové zmrazovače (tzv. šokery) proto musí být vybaveny výkonným kompresorovým agregátem, který pracuje s jedno-, či dvoustupňovou kompresí a vysokým kompresním poměrem stlačování par chladiva, aby bylo dosaženo teploty -40 °C, nebo i nižší. Výparník musí mít velkou plochu teplosměnného povrchu a šokový zmrazovač musí též obsahovat cirkulační jednotku s ventilátory, aby docházelo k rovnoměrnému proudění studeného vzduchu a intenzivnímu zamrazení polotovarů. V praxi se využívají dva druhy šokerů:

- a) boxové (skříňové) šokery – jsou sestaveny z několika dílčích oddělení, z nichž je část používána jen pro šokové zamrazení, a další pro uskladnění zmrazených polotovarů. Produkty k zamrazování jsou vkládány na plechách, nebo podložkách, u větších boxových šokerů jsou produkty naskládány do vozíků a ty jsou umístěny do boxů. Tyto šokery jsou používány v menších provozech (Skalický, 2012).
- b) tunelové šokery – jsou kontinuální zařízení podobná pásovým pecím. Cirkulace chladicího vzduchu je prováděna pomocí ventilátorů po celé délce zmrazovacího tunelu, ten je složen z jednotlivých sekcí asi 3 m dlouhých. Celková délka tunelových šokerů se liší dle požadované výkonnosti zmrazování a v průmyslových provozech se pohybuje v rozmezí 500 – 1 000 kg/h (Skalický, 2012).

V dnešní době se ale převážně setkáme pouze s mrazením v proudu vzduchu, pomocí tunelových, nebo boxových šokerů. Mrazicí podmínky pro těsto

i polotovary jsou stejné, a to zmrazování při -30 až -35 °C. Zmrazená těsta a předpečené polotovary se skladují při teplotách -18 °C a nižších. Při rozmrazování jsou předpečené polotovary rozloženy na plechy, kde se rozmrazují při okolní teplotě vzduchu po dobu 30 až 60 minut. Rozmrazování těst může probíhat také při okolní teplotě, ale i v boxových rozmrazovacích zařízeních s teplotou 38 °C po dobu 15 minut. Po rozmrazení se nechávají těsta nakynout, nebo dokynout a následuje pečení (Yi a Kerr, 2009; Příhoda et al., 2003).

1.4 Negativní dopad mrazení na vlastnosti těsta a pečiva

Kategorie zmrazovaného pečiva zahrnuje pečivo vyrobené ze zmrazeného polotovaru a těsta. Pro oba druhy platí, že pečivo může mít po dopečení potrhanou kůrku, nižší objem, hustší strukturu a tvrdší střídu než čerstvě upečený výrobek (Mandala et al., 2008; Polaki et al., 2010). Pro pečivo vyrobené ze zmrazeného polotovaru je typická pevná konzistence a struktura upečeného pečiva, ale bez křupavé kůrky a tento produkt již má velikost a tvar hotového výrobku. Jedním z problémů pečiva vyrobeného ze zmrazeného polotovaru je odlupování kůrky na několika částech výrobku. Tento jev je připisován mrazírenským teplotám, tvorbě ledových částic a také termomechanickému šoku. Obecně platí, že vysoká vlhkost vzduchu v průběhu zmrazování vede ke snížení odlupování kůrky od střídy (Rosell, Gómez, 2007). Během skladování předpečeného pečiva v mrazírenských zařízeních dochází u pečiva ke ztrátě vlhkosti, k retrogradaci škrobu, ztrátě chuti nebo vůně, ke zvýšení pevnosti pečiva a ke ztrátě stability, která se projevuje menším objemem bochníku, změnou barvy kůrky a menší pružností střídy (Vulicevic et al., 2004; Dodić et al., 2007).

Během zmrazování, mrazírenského skladování a rozmrazování, je těsto vystaveno namáhání, které vede ke ztrátě své pevnosti a aktivity kvasinek, které jsou zodpovědné za výslednou kvalitu produktu. Při zmrazování je přirozeným jevem krystalizace volné vody, která způsobuje změny v rozdělení vodné fáze, struktury a funkce biochemických složek. Krystalizace a rekrystalizace vody způsobuje poškození lepkové sítě, což vede ke změně reologických vlastností zmrazovaných těst (Sharadanant a Khan, 2003). Rychlost zmrazování volné vody má velký vliv na kvalitu výsledného produktu. Roztržená lepková síť špatně zachytává kypřicí plyn, čímž se snižuje objem pekařských výrobků (Chen et al., 2012). K praskání lepkové sítě také dochází po uvolnění redukčních látek z usmrcených kvasinek a tvořícím se ledovým krystalům. Tento fakt je vysvětlen jako pokles pevnosti zmrazených těst, ztrátou retenční kapacity CO₂

a snížením objemu pečiva připraveného ze zmrazených těst. Praskáním lepkové sítě dochází k porušení disulfidických můstků, které jsou tvořeny mezi volnými tiolovými skupinami aminokyselin metioninu a cysteinu (Hui, 2006). Disulfidické vazby se řadí mezi nejpevnější, a tudíž výrazně ovlivňují vlastnosti těsta (Shewry a Tatham, 1997). Ledové krystaly také poškozují membrány tvořících se vzduchových pórů v těstě, které vznikají v průběhu hnětení těsta a jsou základem nakypřené struktury pečiva, jelikož se v nich hromadí CO₂ uvolňovaný kvasinkami (Elisa et al., 2014; Weiser, 2007). Velké ledové krystaly způsobují poškození buněčných membrán kvasinek a kromě toho, v důsledku změněné distribuce nezmrazené kapalné části těsta, je obsah rozpuštěných látek vyšší, což vede k narušení metabolismu přežívajících kvasinkových buněk a ke snížení aktivity kvasinek v průběhu zpracování zmrazeného těsta (Dodić et al., 2007). Několik studií (Ribotta et al., 2001; Autio a Sinda, 1992; Inoue a Bushuk, 1991) tvrdí, že lepková síť je oslabena redukcujícími látkami, jako je například glutation, který produkují kvasinky (Kim et al., 2008). V průběhu mrazírenského skladování se také výrazně zhoršují viskoelastické vlastnosti těsta, kdy dochází ke zvyšování hodnot viskózního modulu, což se projevuje zhoršenou schopností zadržovat kypřící plyn v těstě. Zhoršení elastických vlastností mrazeného těsta je způsobováno depolymerací bílkovinných makromolekul, porušením lepkové sítě vznikajícími ledovými krystaly vody a uvolněnými redukcčními látkami z usmrcených kvasinek (Elisa et al., 2014; Ribotta et al., 2004).

Pekařské výrobky ze zmrazeného polotovaru, nebo těsta mají jak své výhody, tak nevýhody. Mezi hlavní výhody patří redukce snížení ztrát způsobených stárnutím výrobků a rychlá dodávka poptávky jednotlivých tržních řetězců (Dodić et al., 2007). Použitím zmrazených těst v pekárenském průmyslu je umožněno snížit noční práci v pekárnách a také výrobní a logistické prostory. Zmrazené těsto si zachovává delší trvanlivost a čerstvost, ale tento parametr je značně závislý na adekvátní kontrole rychlosti zmrazování a rozmrazování (Angioloni et al., 2008). Konzervace nízkými teplotami zvýší trvanlivost, ale má také negativní dopad na kvalitu výrobku, proto se upravuje technologie výroby a používají se různé zlepšovací látky, které umožní snížit negativní dopad mrazení na kvalitu pekárenského výrobku (Bárcenas et al., 2003 a). Nicméně, použití zmrazených těst může způsobovat změnu vlastností těsta a ztrátu stability během dlouhodobého mrazírenského skladování. Ztráta stability zmrazeného těsta je vyjádřena jako soubor následujících vlastností - prodloužení doby kynutí, nižší objem bochníku (pekařského výrobku), zhoršení vlastností výrobku (tvar, pórovitost, barva kůrky, pružnost střídy), rychlá ztráta čerstvosti

výrobku (Dodić et al., 2007). Zmrazené těsto také postupně zhoršuje své vlastnosti a vede ke ztrátě retence plynu a zhoršení texturních vlastností. Příčinou je snížená aktivita kvasinek a snížení integrity lepkové sítě a tvorba ledových krystalů (Wang et al., 2014).

Výše jmenované problémy pečiva vyrobeného ze zmrazených těst a polotovarů lze eliminovat přísady hydrokoloidů, nebo úpravou recepturního složení (Dodić et al., 2007).

1.4.1 Hydrokoloidy

Hydrokoloidy jsou látky, převážně polysacharidické povahy, které jsou široce používány v potravinářských produktech, protože dokáží modifikovat texturu, zlepšit zadržování vlhkosti a udržují celkovou kvalitu výrobku během skladování (Mandala et al., 2007; Ribotta et al., 2004). Jedná se o rozmanitou skupinu látek, které mohou být získávány z rostlin, mořských řas a produkovány mikroorganismy. Mezi hydrokoloidy patří i modifikované biopolymery vytvořené chemickou či enzymatickou modifikací škrobů a celulózy. Hydrokoloidy jsou biopolymery s vysokou molekulovou hmotností, obsahují hydrofilní řetězce, obvykle s koloidními vlastnostmi a svých funkčních vlastností dosahují v hydratovaném stavu (Mikuš et al., 2013; Guarda et al., 2004). Hydrokoloidy jsou široce používány jako přídatné látky v potravinářském průmyslu, protože jsou svými vlastnostmi vhodné pro úpravu reologických vlastností a textury vodných suspenzí. Mezi hydrokoloidy patří velké množství látek s mnoha vlastnostmi, ale pro mne mají význam především hydrokoloidy s následujícími vlastnostmi – díky vysoké schopnosti zadržovat vodu mají vliv na stabilitu produktů, které podléhají cyklu zmrazování-rozmrazování. Použití hydrokoloidů je hojně využíváno v pekařském průmyslu, jelikož zlepšují mikrostrukturu, texturu, chuťové vlastnosti a prodlužují dobu trvanlivosti pšeničného i bezlepkového pečiva. Jednotlivé vlastnosti těchto látek závisí na jejich původu a chemické struktuře (Bárcenas et al., 2003 b; Guarda et al., 2004; Matuda et al., 2008).

Negativní efekty zmrazování a rozmrazování těst, jako jsou poškození kvasinek, zhoršení kvality těsta a následně i hotového pekařského výrobku, může být do jisté míry redukováno opět přísadou hydrokoloidů do těsta, jelikož dobře vážou vodu a snižují migraci vlhkosti v těstě (Mandala, 2005; Ribotta et al., 2005). Dále mohou hydrokoloidy zvýšit schopnost těsta udržet kypřící plyn a objem pečiva, způsobit větší pórovitost a zlepšit celkový vzhled pekařských výrobků. Mezi nejčastěji používané hydrokoloidy patří modifikované škroby, agar, pektin, guarová, arabská, tragantová a xantanová guma (Selomulyo a Zhou, 2007; Sahraiyán et al., 2013).

1.4.2 Úprava receptury pro zmrazování

Při technologii výroby zmrazovaných těst je doporučeno upravit recepturu oproti těstům určeným pro výrobu čerstvého pečiva. Mezi hlavní recepturní změny patří snížení množství recepturní vody, zvýšení množství použitého droždí, vyšší přídavek tuku a oxidačních látek. Nižším množstvím recepturní vody ve zmrazovaných těstech se minimalizuje krystalizace volné vody během zmrazování a dochází tak k napomáhání udržení tvaru hotového výrobku. Zvýšením množství použitého droždí se vyrovnají ztráty poničených kvasinek v důsledku poškození určitého množství kvasinkových buněk v průběhu zmrazování. Vyšší množství tuku napomáhá k měkkosti střídy a je přidáváno pouze u pečiva, které obsahuje tuk jako jednu ze základních recepturních složek. Přídavkem 0,5 – 1 % tuku do těsta dochází k prodloužení trvanlivosti pečiva a vyššímu objemu bochníku. Jak již bylo výše uvedeno, v recepturách těst, která jsou určena ke zmrazování, jsou také hojně používána různá aditiva, především hydrokoloidy, z důvodu zlepšení stability těst v průběhu zmrazování (Aibara et al., 2001; Bárcenas a Rosell, 2007; Příhoda et al., 2003).

1.5 Metody testování vlastností těsta

Reologické zkoušky ukazují jednotlivé vlastnosti těsta a jeho chování při působení vnějšího namáhání. Díky reologii získáme například informace o stabilitě těsta, vaznosti vody, viskozitě, elasticitě, pevnosti lepkové sítě (Zaid et al., 2010). Nejvhodnější způsob a metodika zjišťování reologických vlastností bezlepkových těst nejsou dosud uspokojivě popsány a různí autoři se v přístupech liší. Jsou používány modifikované metody původně určené pro pšeničné těsto. Reologické vlastnosti těsta se dělí na empirické a fundamentální. Mezi empirické metody se řadí například farinograf, mixograf, extenzograf a textuometr. Tyto metody jsou hojně užívány již dlouhou dobu a většinou mívají jednoduchou metodiku měření. Fundamentální metody jsou například dynamická oscilační reometrie, či tahová zkouška. U těchto metod se měří například odezvy těsta na oscilační namáhání či odezvy těsta na vnější deformaci a namáhání (Torbica et al., 2010; Lynch et al., 2009).

Chování bezlepkových těst, která byla vystavena mrazení, dosud nebylo ve vědeckých publikacích zcela objasněno, a proto byly zvoleny metody, jež se používají pro testování vlastností pšeničných těst a výrobků. Možnost otestovat kvalitu bezlepkového pečiva vyrobeného ze zmrazených těst a polotovarů byla zvolena z důvodu dostupnosti čerstvě rozpečeného bezlepkového pečiva v průběhu celého dne jako je tomu u pšeničného pečiva.

2. CÍLE PRÁCE

Cílem práce bylo sledování vlivu zmrazování na bezlepková těsta a pečivo vyrobené ze zmrazeného polotovaru. Jednotlivé vzorky byly odlišné recepturou a přidavky vody do těsta. Vlastnosti zmrazených bezlepkových vzorků byly hodnoceny po čtyřměsíčním skladování v mrazírenských teplotách.

Cílem práce bylo navrhnout a ověřit možnosti zlepšení kvality bezlepkového biologicky kypřeného pečiva vyrobeného ze zmrazeného polotovaru a zmrazeného těsta. Součástí práce bylo:

- navrhnout recepturu s přidavkem zlepšujících složek pro bezlepkové těsto určené ke zmrazování,
- stanovit specifický objem jednotlivých vzorků bezlepkového pečiva ze zmrazených polotovarů a těst a porovnat se standardem (čerstvě upečeným bezlepkovým pečivem),
- metodou texturní profilové analýzy změřit a charakterizovat texturní vlastnosti pečiva vyrobeného ze zmrazeného polotovaru a zmrazeného těsta, metodou tahové zkoušky zhodnotit extenzografické vlastnosti jednotlivých bezlepkových těst před a po zmrazování
- ověřit hypotézu, že přidavek zlepšujících složek (xantanová guma a rýžová instantní mouka) obsažených v receptuře č. 2 zvýší kvalitu bezlepkového biologicky kypřeného pečiva.

3. MATERIÁL A METODY

3.1 Použitý materiál

Pro výrobu bezlepkového pečiva byly použity amarantová, cizrnová, pohanková výběrová a rýžová instantní mouka. Amarantová mouka, pohanková výběrová mouka a instantní rýžová mouka byly dodány společností Extrudo Bečice, s.r.o. Cizrnová mouka byla zakoupena od společnosti Natura Hustopeče, s.r.o. Všechny druhy bezlepkových mouk byly klasifikovány jako hladká mouka. Dále byly použity následující suroviny: sušené droždí (Lesaffre Česko, a.s., ČR), cukr krupice (Cukrovar Vrbátky, a.s., ČR), kyselina askorbová (Brenntag CR s.r.o, ČR), xantanová guma E415 (Sigma-Aldrich, s.r.o., Praha, ČR) a chlorid sodný (Lach-Ner, s.r.o., Neratovice, ČR). Pro zmrazení vzorků byl použit kapalný dusík od společnosti Lineq s.r.o., Velké Meziříčí. Veškeré chemikálie byly v minimální čistotě p.a.

3.2 Metodika práce

3.2.1 Tahová zkouška

Extenzografické vlastnosti těsta před a po zmrazování byly měřeny pomocí tahové zkoušky na texturním analyzátoru TA.XT plus (Stable Micro Systems Ltd., UK) s nástavcem SMS/Kieffer Dough and Gluten Extensibility Rig.

Tab. 1: Recepturní složky pro přípravu vzorků těsta k tahové zkoušce v % vztažených na hmotnost mouky

Složka	Podíl v hmot. %
Bezlepková mouka	100
Sůl	2
Voda	65, 70, 75

Vzorek těsta byl připraven z $10,0 \pm 0,1$ g bezlepkové mouky, 2% přídavku NaCl, a definovaným přídavkem vody určeným na základě vazností mouk. Přídavek vody je v práci uveden jako procentuální přídavek vztažený na hmotnost mouky (tab. 1). Vzorek těsta byl vyhněten, vytvarován do kuličky a zmrazen vložením do tekutého dusíku o teplotě -196 ± 2 °C na $2,0 \pm 0,5$ min. Zmrazené těsto bylo vloženo do polyetylenových zip sáčků a skladováno 4 měsíce při -18 ± 1 °C. Poté bylo těsto rozmrazeno při laboratorní teplotě 20 ± 2 °C a době 30 ± 1 min. Po rozmrazení byl z těsta vytvarován váleček, který byl vložen na 20 ± 1 min do teflonové formy, kde bylo těsto formováno do proužků. Příprava kontrolních vzorků těst byla totožná, ale po vyhnětení bylo

těsto vytvarováno do kuličky, která byla temperována v termostatu po dobu 20 ± 1 min při 20 ± 1 °C. Potom bylo vloženo na 20 ± 1 min do teflonové formy. Vytvarovaný proužek byl vložen do měřicího zařízení a natahován pomocí háku až do přetržení. Měřicí hák se pohyboval konstantní rychlostí $3,00 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Z tahové zkoušky byly získány následující parametry: maximální napětí σ , Henckeho deformace ε , elongační viskozita η_E , odpor těsta k tažení R , plocha pod tahovou křivkou A , tažnost těsta E a také bylo vypočteno poměrové číslo R/E . Každý vzorek byl měřen ve třech opakováních a výsledné hodnoty jsou vyjádřeny jako aritmetický průměr získaných parametrů.

3.2.2 Výroba pečiva

Vzorky bezlepkového pečiva byly vyrobeny z 300 g bezlepkové mouky dle dvou receptur. Jako základní receptura pro přípravu bezlepkového pečiva byla použita receptura 1 (tab. 2), která zároveň sloužila jako standard (čerstvě upečené bezlepkové pečivo). Receptura 2 (tab. 3) se liší ve složení, jsou zde použity zlepšující komponenty: 1 % xantanové gumy a 15 % instantní rýžové mouky. Pro dosažení optimálních texturních a senzorických vlastností je doporučeno používat do bezlepkových výrobků 0,5% až 2,0% přídavek xantanové gumy (vztaženo na hmotnost mouky) (Hager a Arendt, 2013; SCIARINI et al., 2010), a proto byl zvolen do receptury č. 2 1% přídavek xantanové gumy.

Tab. 2: Recepturní složky pekařského pokusu 1. receptury v % vztažených na hmotnost mouky

Složka	Podíl v hmot.%
Bezlepková mouka	100
Sušené droždí	1,8
Sůl	1,5
Sacharóza	2
Voda	65, 70, 75
Kyselina askorbová	0,005

Tab. 3: Recepturní složky pekařského pokusu 2. receptury v % vztažených na hmotnost mouky

Složka	Podíl v hmot.%
Bezlepková mouka	85
Instantní rýžová mouka	15
Xantanová guma	1
Sušené droždí	1,8
Sůl	1,5
Sacharóza	2
Voda	65, 70, 75
Kyselina askorbová	0,005

Postup výroby kontrolních vzorků pečiva

Těsto pro přípravu kontrolních vzorků bylo vyrobeno tak, že byly sypké recepturní složky smíchány v mixeru (Mixer Spar SP-800A, Taiwan) po dobu 1 minuty, poté bylo přidáno aktivované droždí (recepturní množství sušeného droždí se sacharózou bylo smícháno s 15 ml vody a ponecháno na 5 ± 2 minuty v kynárně) a voda a dále bylo těsto zpracováváno v mixeru po dobu 3 minut. Takto zpracované těsto bylo rozděleno na 3 kusy po 100 ± 1 g a bylo vloženo do silikonových forem (průměr dna: 45 mm, horní průměr formy: 65 mm, výška formy: 35 mm), ve kterých se nechalo 20 ± 1 min fermentovat při 35 ± 1 °C a relativní vlhkosti 85 % (Kynárna MIWE CBPR 750, Německo). Těsto bylo pečeno v zapařené peci (MIWE Cube: air, Německo) po dobu 15 ± 1 min při 180 ± 1 °C.

Postup výroby pečiva ze zmrazeného těsta

Těsto bylo připraveno smícháním sypkých recepturních složek v mixeru (Mixer Spar SP-800A, Taiwan) po dobu 1 minuty, poté bylo přidáno aktivované droždí a voda a dále bylo těsto zpracováváno v mixeru po dobu 3 minut. Takto zpracované těsto se rozdělilo na 3 kusy po 100 ± 1 g a bylo vloženo do silikonových forem, ve kterých se nechalo 20 ± 1 min fermentovat při 35 ± 1 °C a relativní vlhkosti 85 % (Kynárna MIWE CBPR 750, Německo). Těsto bylo zmrazeno šokově pomocí kapalného dusíku (Lineq s.r.o., Velké Meziříčí) o teplotě -196 °C po dobu 5 ± 1 min a následně bylo uzavřeno do polyetylenového zip sáčku a skladováno při -18 °C. Po 4 měsících skladování byly vzorky ponechány 120 ± 10 min při laboratorní teplotě. Rozmrazené těsto bylo pečeno v zapařené peci (MIWE Cube: air, Německo) 15 ± 1 min při 180 ± 1 °C.

Postup výroby pečiva ze zmrazeného polotovaru

Těsto pro pečivo ze zmrazeného polotovaru bylo vyrobeno stejným postupem jako u pečiva ze zmrazeného těsta (viz. předchozí odstavec). Těsto bylo rozděleno na 3 kusy po 100 ± 1 g a bylo vloženo do silikonových forem, ve kterých se ponechalo fermentovat po dobu 20 ± 1 min při 35 ± 1 °C a relativní vlhkosti 85 % (Kynárna MIWE CBPR 750, Německo). Těsto bylo pečeno v zapařené peci po dobu 5 ± 1 min při 180 ± 1 °C (doba pečení byla zkrácena na 1/3 oproti celkové době pečení kontrolních vzorků). Poté bylo těsto ponecháno 60 ± 1 min při laboratorní teplotě k vychladnutí a následně bylo zmrazeno v tekutém dusíku o teplotě -196 °C po dobu 5 ± 1 min. Takto zmrazené předpeky byly uzavřeny do polyetylenových zip sáčků a skladovány při -18 °C po dobu 4 měsíců. Po uplynutí doby skladování byly vzorky rozmrazeny při laboratorní teplotě po dobu 120 ± 10 min a dopečeny 10 ± 1 min v peci při 180 ± 1 °C.

3.2.3 Specifický objem

Specifický objem byl hodnocen u všech vzorků bezlepkového pečiva. Ke stanovení specifického objemu byl použit kalibrovaný odměrný válec po okraj naplněný prosným semenem. Do takto připraveného válce s prosným semenem byl umístěn vzorek bezlepkového pečiva, který vytlačil část prosného semena. Vytlačený objem prosného semena byl přesypán do odměrného válce a byla odečtena hodnota objemu, která byla použita pro výpočet specifického objemu:

$$V_{sp} = \frac{V}{m} [ml. g^{-1}]$$

kde: V_{sp} je specifický objem, V je objem bezlepkového pečiva a m je hmotnost bezlepkového pečiva. Hmotnost pečiva byla měřena na laboratorních váhách (KERN DLB, Česká republika) s přesností na 2 desetinná místa po ochlazení upečeného pečiva. Každý vzorek byl měřen ve třech opakováních a výsledné hodnoty jsou vyjádřeny jako aritmetický průměr získaných hodnot.

3.2.4 Texturní profilová analýza

Texturní vlastnosti byly měřeny na texturním analyzátoru TA.XT plus (Stable Micro Systems Ltd., UK). Jednotlivé vzorky pečiva byly krájeny na plátky o tloušťce 1 cm, ze kterých se pomocí vykrajovátka vykrojil výřez střídy o průměru 4 cm. U takto připravených válcových výřezů vzorků byla měřena odezva střídy na deformaci, která byla vyvolána válcovou sondou P/36R o průměru 36 mm. Bezlepkové pečivo bylo deformováno dvojitou kompresí,

rychlost sondy byla $5,00 \text{ mm.s}^{-1}$. Deformace byla provedena na 40 % výšky, kdy na vzorek pečiva bylo působeno silou, která odpovídala působení závaží o hmotnosti 5 g. Naměřená data byla vyhodnocena pomocí softwaru Exponent Lite. Výstupem texturní profilové analýzy byly hodnoty tvrdosti, kohezivnosti, elasticity a žvýkatelnosti střídy. Každý vzorek byl měřen ve třech opakováních a výsledné hodnoty jsou vyjádřeny jako aritmetický průměr získaných parametrů.

3.2.5 Senzorická analýza

Bezlepkové pečivo bylo hodnoceno dle 9 bodové hédonické stupnice 1. druhu (stupeň 9 – vynikající, stupeň 1 – nevyhovující). Byl hodnocen vzhled a barva kůrky; vzhled, textura a barva střídy; pórovitost střídy, pružnost střídy, chuť a vůně bezlepkového pečiva. Jako standard bylo použito čerstvě upečené pečivo ze stejné bezlepkové mouky. Senzorického hodnocení se zúčastnilo 20 hodnotitelů (studentů a akademických pracovníků Ústavu technologie potravin na UTB) na úrovni vybraný posuzovatel.

3.2.6 Statistické zpracování dat

Statistická analýza byla provedena pomocí softwaru Statistica CZ 9.1 (StatSoft, ČR). Získané výsledky byly testovány analýzou variace ANOVA na hladině významnosti $\alpha = 0,01$ pomocí statistického Fisherova LSD testu.

4. VÝSLEDKY A DISKUZE

V této kapitole jsou shrnuty výsledky jednotlivých naměřených parametrů (specifický objem, texturní vlastnosti a senzorická analýza) bezlepkového pečiva a viskoelastické vlastnosti (tahová zkouška) bezlepkových těst.

4.1 Tahová zkouška

Při tahové zkoušce je významným měřeným parametrem maximální napětí a deformace, jelikož při těchto hodnotách dochází u těsta ke stavu těsně před roztržením. Na extenzografické vlastnosti měla vliv použitá receptura, přídavek vody do těst i druh bezlepkové mouky.

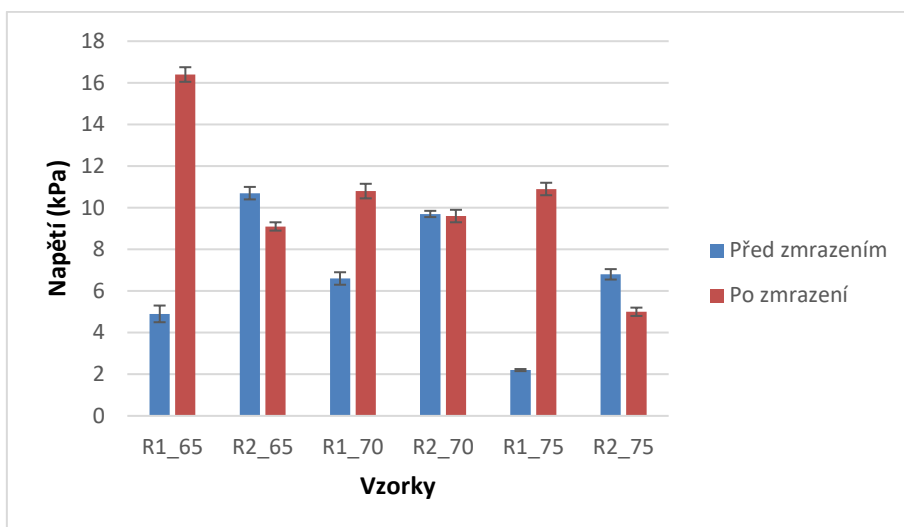
Při použití receptury 1 byla bezlepková těsta, která neprošla zmrazením, roztržena při nižších hodnotách napětí než těsta po zmrazení. U všech bezlepkových těst platilo, že před zmrazením byl odpor k tažení průkazně vyšší než po zmrazení. Při použití receptury 2 u všech bezlepkových těst platilo, že před zmrazením byl odpor k tažení i tažnost průkazně nižší než u těst po zamrazení.

Z testovaných mouk bylo zjištěno, že průkazně nejvyšších hodnot u zkoumaných parametrů (napětí a odpor k tažení) dosahovala těsta vyrobená z amarantové mouky. Průkazně největší schopnost natahovat se působením vnější síly měla těsta vyrobená z pohankové mouky.

Pozn.: čím jsou hodnoty jednotlivých parametrů vyšší – výsledek je pozitivní (kladný).

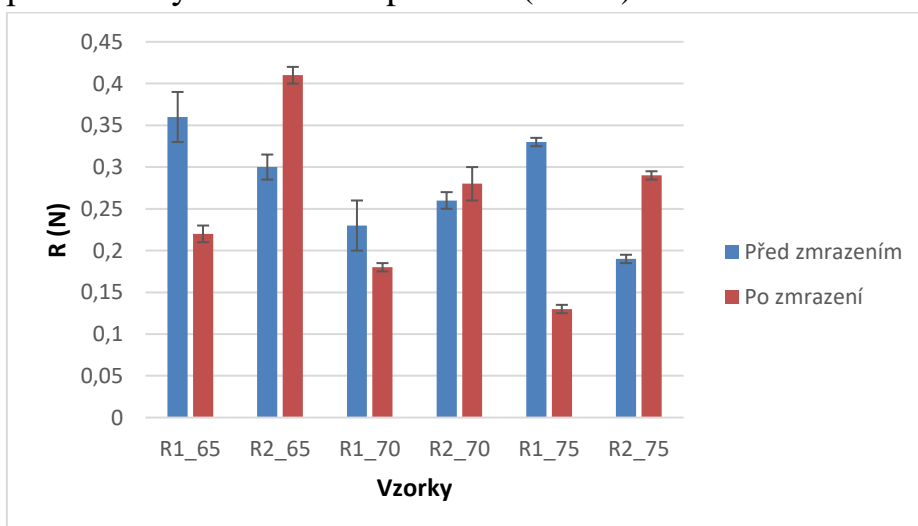
4.1.1 Amarantové těsto

Za použití receptury 1 bylo průkazně nejvyšší napětí na přetržení těsta při 65% přídavku vody a po zmrazení (16,4 kPa). Za použití receptury 2 bylo nejvyšší napětí na přetržení těsta při 65% přídavku vody a před zmrazením (10,7 kPa). Se zvyšujícím se přídavkem vody se u všech vzorků (rec.1 i 2, před i po zmrazení) hodnoty napětí průkazně snižovaly (obr. 2). Toto tvrzení platí i pro parametr odpor k tažení (obr. 3). Po srovnání receptur mezi sebou u stejných přídavků vody bylo zjištěno, že hodnoty napětí receptury 2 byly před zmrazením průkazně vyšší než u receptury 1; po zmrazení byly hodnoty receptury 2 průkazně nižší (obr. 2).



Obr. 2: Závislost napětí amarantového těsta na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídavky vody do těsta

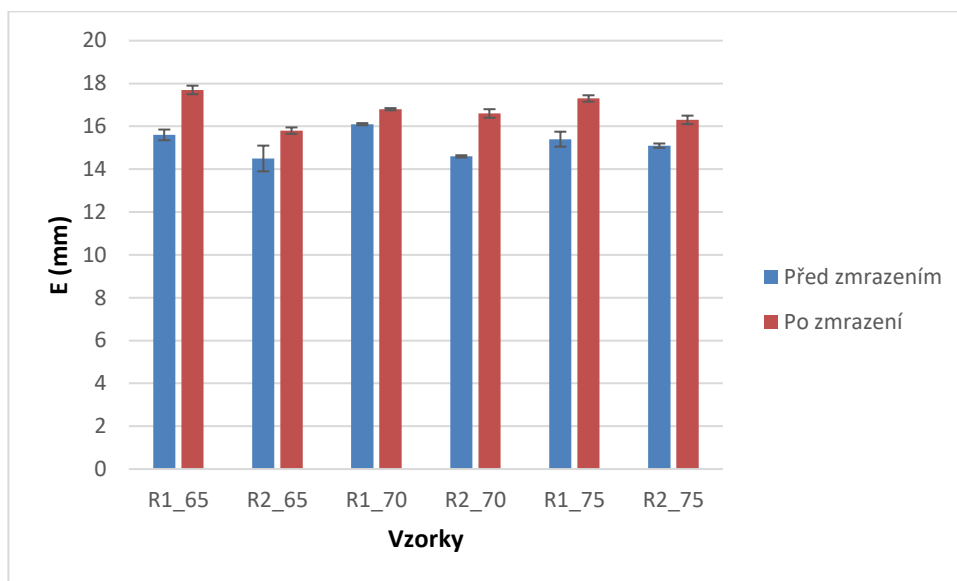
Průkazně nejvyšší odpor k tažení vykávalo amarantové těsto po zmrazení s 65% přídavkem vody a recepturou 1 (0,41 N). Naopak průkazně nejnižší odpor k tažení byl zaznamenán také u receptury 1 a po zmrazení s 75% přídavkem vody (0,13 N). Po srovnání receptur mezi sebou u stejných přídavků vody bylo zjištěno, že hodnoty odporu k tažení receptury 2 byly před zmrazením u vzorků se 65 a 75% přídavky vody průkazně nižší než u receptury 1, u vzorku s 70% přídavkem vody byl odpor k tažení u receptury 2 průkazně vyšší než u receptury 1. Po zmrazení byly hodnoty odporu k tažení u všech vzorků s recepturou 2 průkazně vyšší než s recepturou 1 (obr. 3).



Obr. 3: Závislost Odporu amarantového těsta k tažení na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídavky vody do těsta

Na tažnost amarantového těsta mělo zásadní vliv zmrazení, jelikož u všech druhů těst byla tažnost průkazně vyšší po zmrazení než před zmrazením.

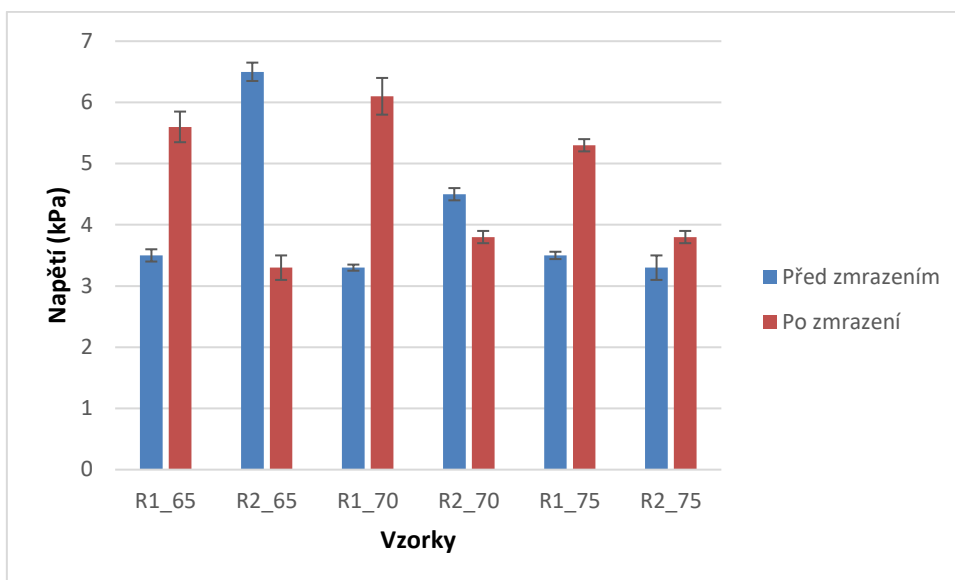
Po srovnání receptur mezi sebou u stejných přídavků vody bylo zjištěno, že u hodnot tažnosti nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl (obr. 4).



Obr. 4: Závislost Tažnosti amarantového těsta na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídávky vody do těsta

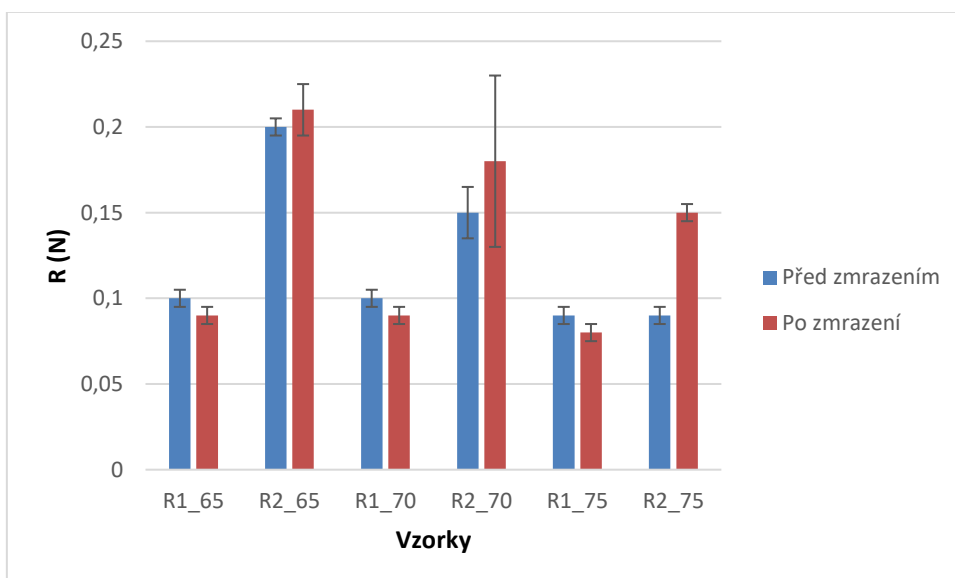
4.1.2 Cizrnové těsto

Za použití receptury 1 bylo průkazně nejvyšší napětí na přetržení těsta při 70% přídávku vody a po zmrazení (6,1 kPa). Za použití receptury 2 bylo průkazně nejvyšší napětí na přetržení těsta u cizrnového těsta při 65% přídávku vody a před zmrazením (6,5 kPa). Se zvyšujícím se přídávkem vody se u všech vzorků (rec.1 i 2, před i po zmrazení) hodnoty odporu k tažení (obr. 6) průkazně snižovaly. U tažnosti (obr. 7) bylo zjištěno, že s rostoucím přídávkem vody se u všech vzorků hodnoty tažnosti průkazně zvyšovaly. Po srovnání receptur mezi sebou u stejných přídavků vody bylo zjištěno, že hodnoty napětí receptury 2 byly před zmrazením průkazně vyšší než u receptury 1 u vzorků se 65 a 70% přídávkem vody; u vzorku se 75% přídávkem vody byla hodnota napětí receptury 2 průkazně nižší než u receptury 1. Hodnoty napětí po zmrazení byly u všech vzorků s recepturou 2 průkazně nižší než u vzorků s recepturou 1 (obr. 5).



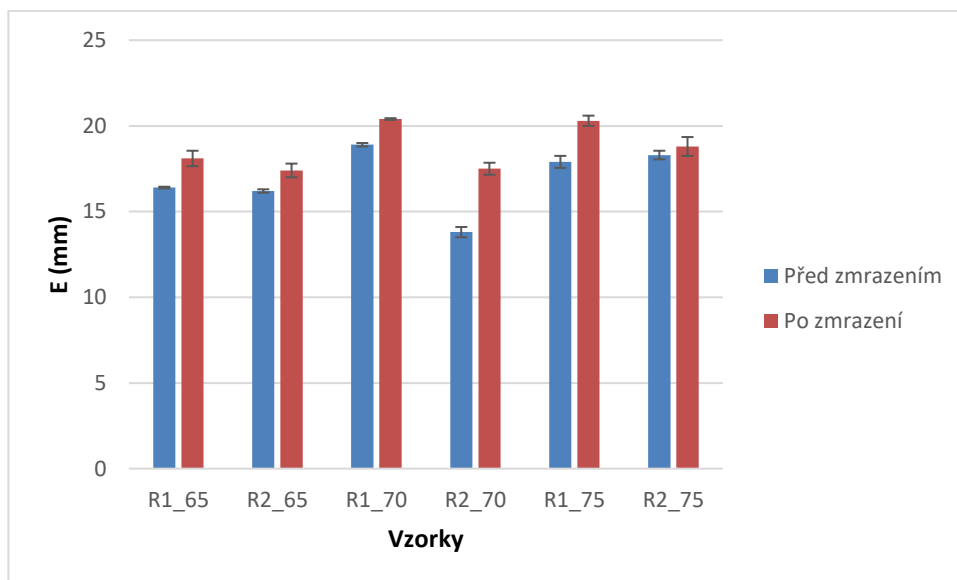
Obr. 5: Závislost napětí cizrnového těsta na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídavky vody do těsta

Po srovnání receptur mezi sebou u stejných přídavků vody bylo zjištěno, že hodnoty odporu k tažení u receptury 2 s přídavky vody 65 a 70 % byly před zmrazením průkazně vyšší než u vzorků s recepturou 1; u vzorku se 75% přídavkem vody nebyl shledán statisticky významný rozdíl. Odpor cizrnového těsta k tažení po zmrazení byl u všech vzorků s recepturou 2 průkazně vyšší než u vzorků s recepturou 1 (obr. 6).



Obr. 6: Závislost Odporu cizrnového těsta k tažení na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídavky vody do těsta

Po srovnání receptur mezi sebou u stejných přídavků vody bylo zjištěno, že tažnost cizrnového těsta u receptury 2 s přídávky vody 65 a 70 % byla před zmrazením průkazně nižší než u vzorků s recepturou 1; u vzorku se 75% přídávkem vody byla tažnost u receptury 2 průkazně vyšší než u receptury 1. Hodnoty tažnosti po zmrazení byly u všech vzorků s recepturou 2 průkazně nižší než u vzorků s recepturou 1 (obr. 7).

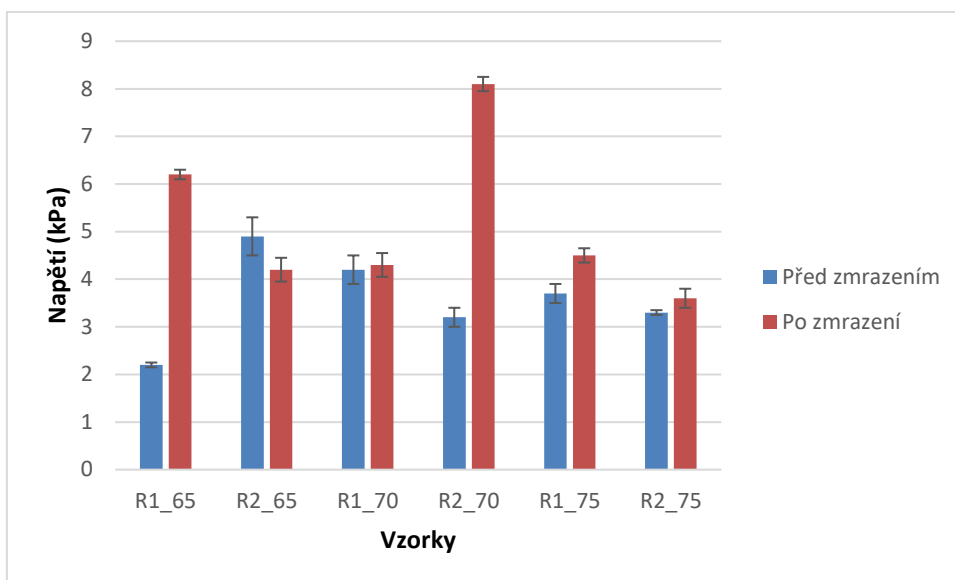


Obr. 7: Závislost Tažnosti cizrnového těsta na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídávky vody do těsta

4.1.3 Pohankové těsto

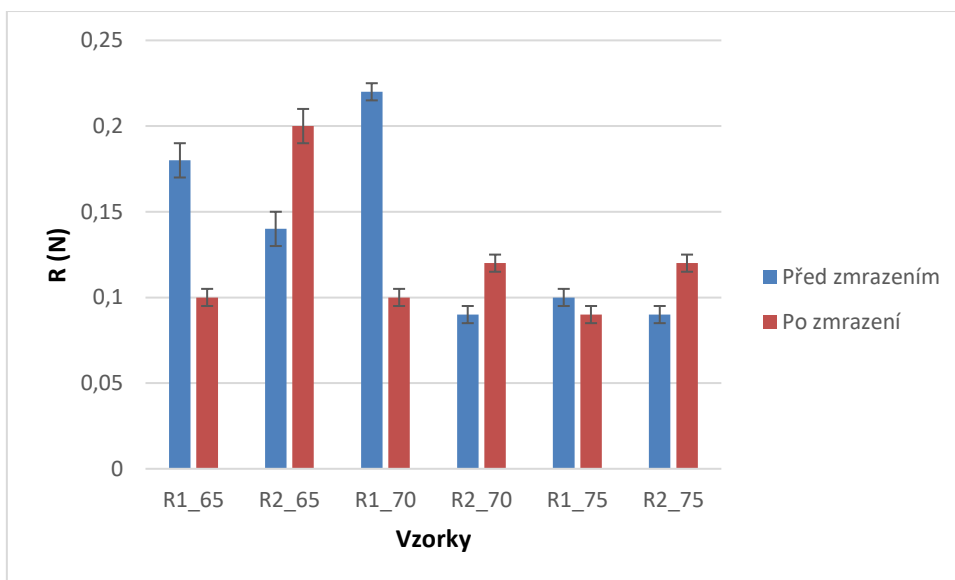
Za použití receptury 1 bylo průkazně nejvyšší napětí na přetržení těsta při 65% přídávku vody a po zmrazení (6,2 kPa). Za použití receptury 2 bylo průkazně nejvyšší napětí na přetržení těsta u pohankového těsta při 70% přídávku vody a po zmrazení (8,1 kPa) (obr. 8). Se zvyšujícím se přídávkem vody se u všech vzorků (rec.1 i 2, před i po zmrazení) hodnoty odporu k tažení průkazně snižovaly (obr. 9) U tažnosti (obr. 10) bylo zjištěno, že s rostoucím přídávkem vody se u všech vzorků hodnoty tažnosti průkazně zvyšovaly.

Po srovnání receptur mezi sebou u stejných přídavků vody bylo zjištěno, že hodnota napětí před zmrazením u receptury 2 se 65% přídávkem vody byla průkazně vyšší než u vzorku s recepturou 1; u vzorků se 70 a 75% přídávkem vody byly hodnoty napětí u receptury 2 průkazně nižší než u receptury 1. Napětí pohankového těsta po zmrazení bylo u vzorků s recepturou 2 a 65 a 70% přídávkem vody průkazně nižší než u vzorků s recepturou 1; u vzorku těsta s recepturou 2 a 75% přídávkem vody bylo napětí průkazně vyšší než u receptury 1 se stejným přídávkem vody (obr. 8).



Obr. 8: Závislost napětí pohankového těsta na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídavky vody do těsta

Po srovnání receptur mezi sebou u stejných přídavků vody bylo zjištěno, že před zmrazením byly hodnoty odporu pohankového těsta k tažení s recepturou 2 u všech vzorků průkazně nižší než u vzorků s recepturou 1. Hodnoty odporu k tažení po zmrazení byly u všech vzorků s recepturou 2 průkazně vyšší než u vzorků s recepturou 1 (obr. 9).



Obr. 9: Závislost Odporu pohankového těsta k tažení na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídavky vody do těsta

Po srovnání receptur mezi sebou u stejných přídavků vody bylo zjištěno, že hodnoty tažnosti pohankového těsta všech vzorků s recepturou 2 byly před zmrazením průkazně vyšší než u vzorků s recepturou 1. Tažnost

pohankového těsta po zmrazení byla u vzorku se 65% přidavkem vody s recepturou 2 průkazně nižší než s recepturou 1; u vzorku těsta s recepturou 2 a 70% přidavkem vody byla tažnost průkazně vyšší než u receptury 1; vzorky těsta se 75% přidavkem vody byly bez statisticky významného rozdílu (obr. 10).



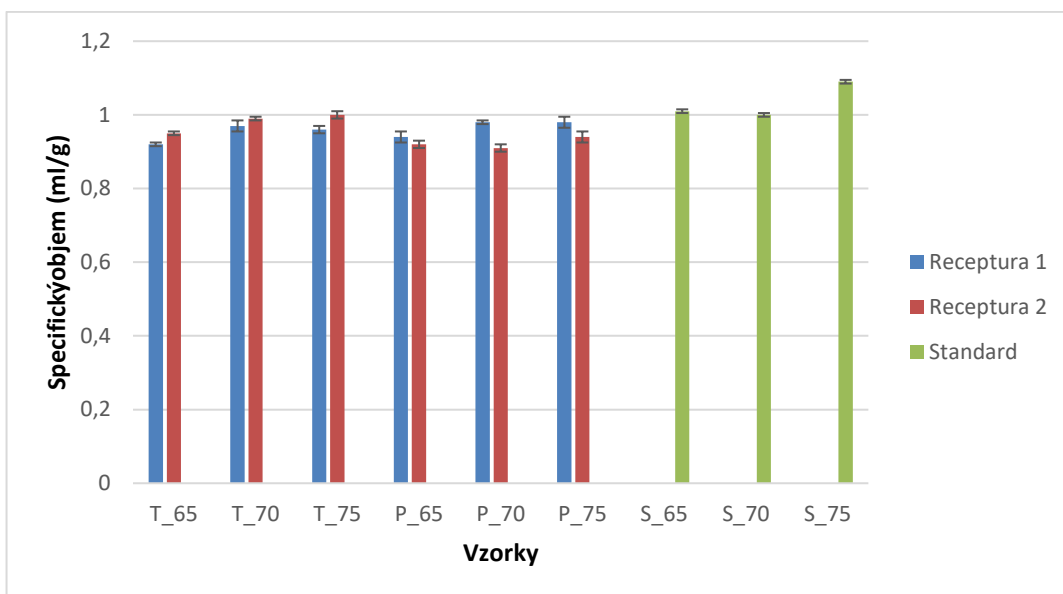
Obr. 10: Závislost Tažnosti pohankového těsta na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přidavky vody do těsta

4.2 Specifický objem

4.2.1 Amarantové pečivo

Po srovnání pečiva vyrobeného ze zmrazeného těsta, polotovaru a čerstvě upečeného bylo zjištěno, že průkazně nejvyšší specifický objem mělo čerstvě upečené pečivo (1,00 – 1,09 mg/l). Pečivo vyrobené ze zmrazeného polotovaru mělo průkazně vyšší specifický objem při použití receptury č. 1 (0,94 – 0,98 mg/l), než při použití receptury č. 2 (0,91 – 0,98 mg/l). Naopak specifický objem pečiva vyrobeného ze zmrazeného těsta byl při použití receptury č. 1 průkazně nižší (0,94 – 0,98 mg/l), než za použití receptury č. 2 (0,95 – 1,00 mg/l) – byla potvrzena hypotéza, že přidavek zlepšujících složek obsažených v rec. 2 zvýšil kvalitu (objem) bezlepkového pečiva vyrobeného ze zmrazeného těsta.

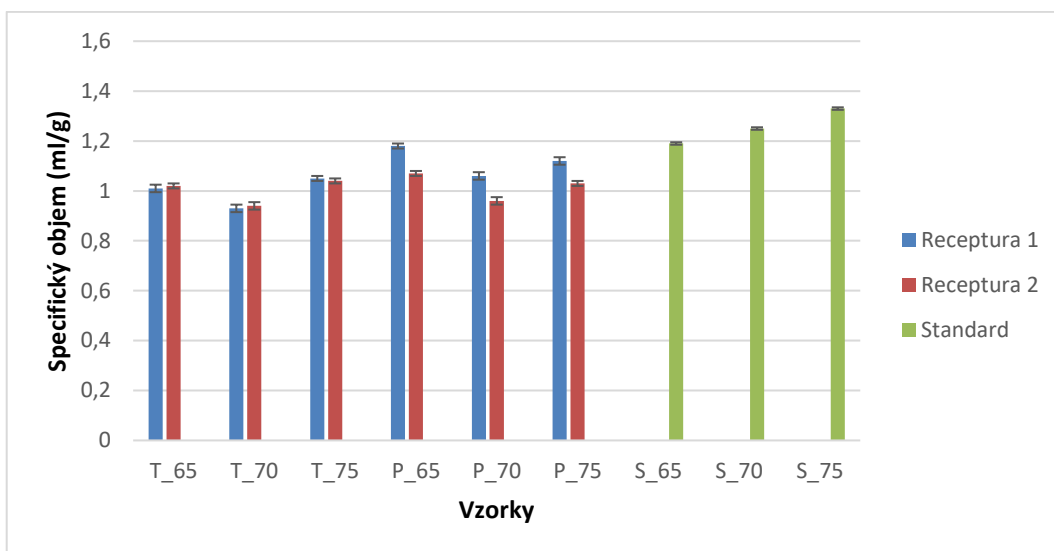
Se zvyšujícím se přidavkem vody u amarantového pečiva vyrobeného ze zmrazeného těsta byl naměřen průkazně vyšší specifický objem. Toto tvrzení platilo u receptury č. 2. U pečiva vyrobeného ze zbylých forem (zmrazeného těsta rec. 1 a zmrazených polotovarů) nebyla nalezena lineární závislost se zvyšujícím se přidavkem vody (obr. 11).



Obr. 11: Závislost specifického objemu amarantového pečiva na jednotlivých formách vzorků: T: pečivo ze zmrazeného těsta; P: pečivo ze zmrazeného polotovaru; S: standard (čerstvě upečené pečivo); 65-75: procentuální přídavky vody do těsta

4.2.2 Cizrnové pečivo

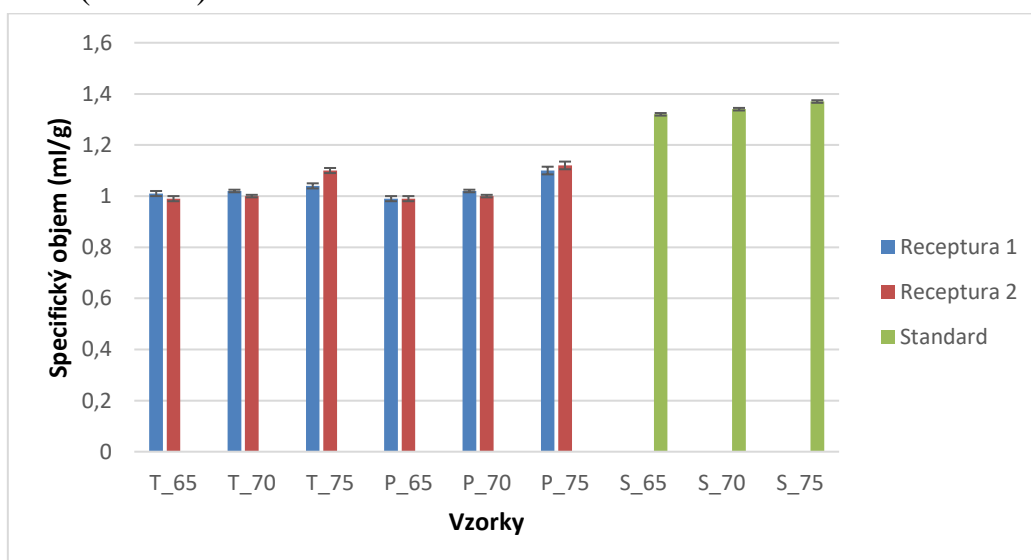
Nejvyšší specifický objem pečiva vyrobeného ze zmrazeného cizrnového těsta byl naměřen u receptury 1 i 2 při 75% přídavku vody bez statisticky významného rozdílu. U obou použitých receptur pečiva vyrobeného ze zmrazeného polotovaru byl průkazně nejvyšší specifický objem při 65% přídavku vody. Po srovnání všech tří forem pečiva byl průkazně nejvyšší specifický objem vždy u čerstvě upečeného pečiva. Statisticky významné rozdíly nebyly nalezeny u pečiva vyrobeného ze zmrazeného těsta při stejných přídavcích vody a různých recepturách. Specifický objem byl průkazně vyšší u pečiva vyrobeného ze zmrazeného polotovaru při použití receptury č. 1. Čerstvě upečené pečivo mělo průkazně nejvyšší specifický objem (obr. 33). U cizrnového pečiva vyrobeného ze zmrazeného těsta i zmrazeného polotovaru nebyla potvrzena hypotéza, že přidavek zlepšujících složek obsažených v rec. 2 zvýšil kvalitu (objem) bezlepkového pečiva vyrobeného z cizrnové mouky (obr. 12).



Obr. 12: Závislost specifického objemu cizrnového pečiva na jednotlivých formách vzorků: T: pečivo ze zmrazeného těsta; P: pečivo ze zmrazeného polotovaru; S: standard (čerstvě upečené pečivo); 65-75: procentuální přídavky vody do těsta

4.2.3 Pohankové pečivo

U obou typů receptur a forem pohankového zmrazeného pečiva byl specifický objem průkazně vyšší s rostoucím přídavkem vody. Čerstvě upečené pečivo mělo průkazně nejvyšší specifický objem. U pohankového pečiva byla potvrzena hypotéza, že přídavek zlepšujících složek obsažených v receptuře 2 průkazně zvýšil kvalitu (objem) bezlepkového pečiva vyrobeného ze zmrazeného těsta se 75% přídavkem vody a ze zmrazeného polotovaru také se 75% přídavkem vody. U ostatních vzorků pohankového pečiva hypotéza nebyla potvrzena (obr. 13).

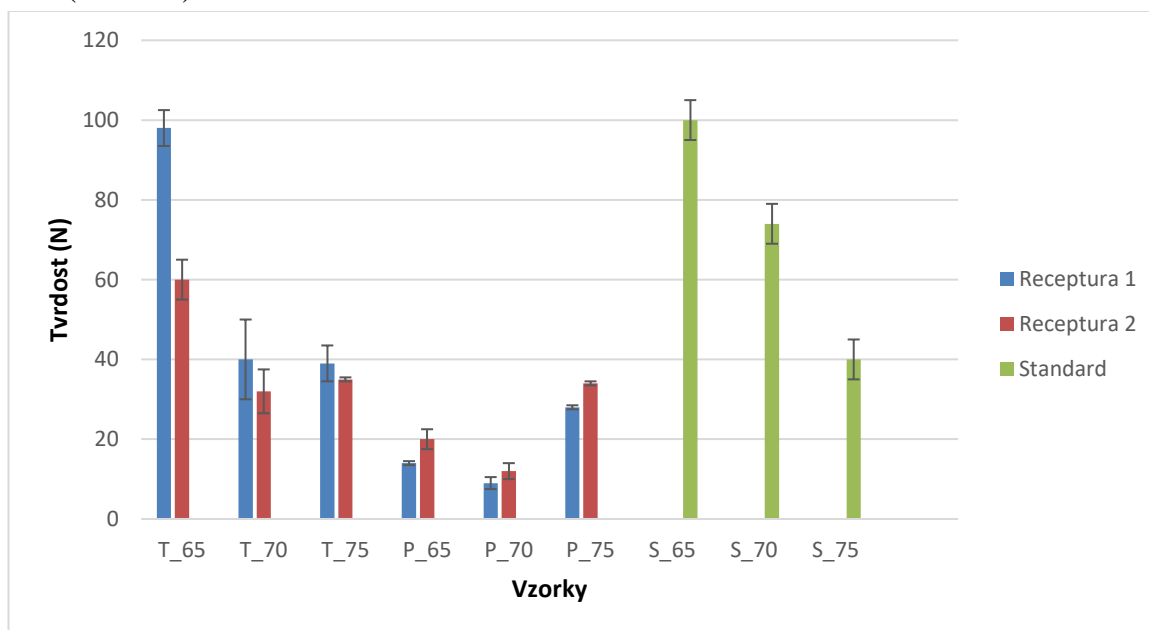


Obr. 13: Závislost specifického objemu pohankového pečiva na jednotlivých formách vzorků: T: pečivo ze zmrazeného těsta; P: pečivo ze zmrazeného polotovaru; S: standard (čerstvě upečené pečivo); 65-75: procentuální přídavky vody do těsta

4.3 Texturní profilová analýza

4.3.1 Amarantové pečivo

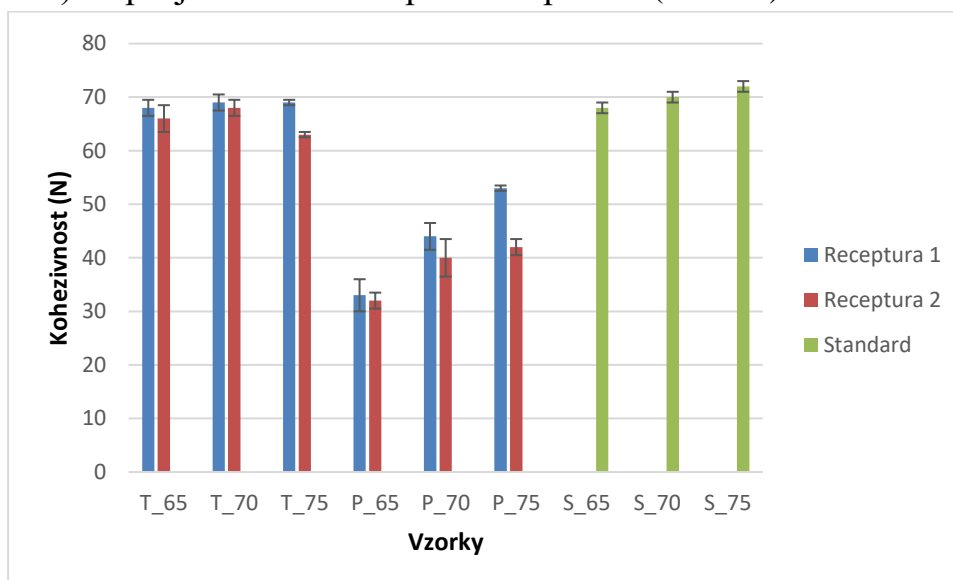
Mrazení pečiva mělo zásadní vliv na tvrdost – všechny vzorky pečiva, které podlehly mrazení, měly průkazně nižší hodnoty tvrdosti, což znamená, že tyto vzorky měly měkčí střídu než čerstvě upečené pečivo. Přídavek vody měl vliv na tvrdost amarantového pečiva, jelikož u čerstvě upečeného pečiva i pečiva ze zmrazeného těsta s recepturou 1 byla tvrdost střídy se zvyšujícím se přídatkem vody průkazně nižší. Při použití receptury 2 bylo zjištěno, že pečiva vyrobená ze zmrazeného těsta měla nižší tvrdost než pečivo s recepturou 1. Byla potvrzena hypotéza, že přídavek přídatných látek (rec. 2) zlepšuje kvalitu (snižuje tvrdost střídy) bezlepkového pečiva, ale pro vzorky s přídatky 70 a 75 % jsou hodnoty bez statisticky významného rozdílu. U pečiva vyrobeného ze zmrazeného polotovaru byly naopak hodnoty tvrdosti vyšší, ale bez statisticky významného rozdílu, než u pečiva s recepturou č. 1 – nebyla potvrzena hypotéza o zlepšení kvality bezlepkového pečiva vlivem přídatných látek (obr. 14).



Obr. 14: Závislost tvrdosti amarantového pečiva na jednotlivých formách vzorků: T: pečivo ze zmrazeného těsta; P: pečivo ze zmrazeného polotovaru; S: standard (čerstvě upečené pečivo); 65-75: procentuální přídatky vody do těsta

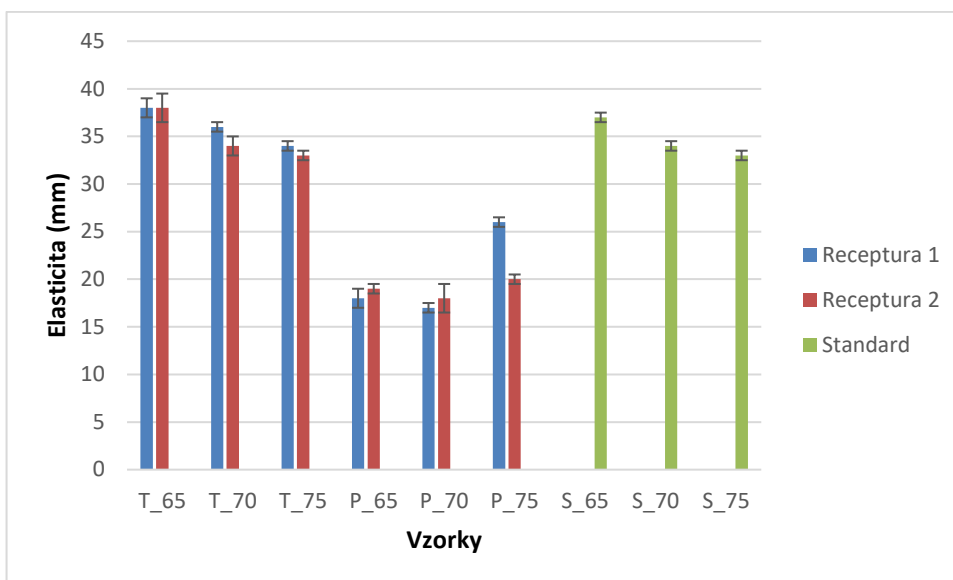
Dalším z hodnocených parametrů texturní profilové analýzy je kohezivnost, která vyjadřuje soudržnost střídy. Čím jsou hodnoty kohezivnosti vyšší, tím je střída soudržnější. Všechny vzorky vyrobené ze zmrazených těst a polotovarů měly průkazně nižší hodnoty kohezivnosti než standardy při stejných přídatcích vody, což znamená, že vzorky, které podlehly

mrazení měly méně soudržnou střídu než čerstvě upečené pečivo. Přídavek vody měl také vliv na kohezivnost, protože u pečiva vyrobeného ze zmrazeného polotovaru se s rostoucím přídavkem vody průkazně zvyšovala soudržnost střídy. Při použití receptury 2 byly u všech vzorků nižší hodnoty kohezivnosti – střída byla méně soudržná, ale u vzorků ze zmrazeného těsta bez statisticky významného rozdílu. Zde nebyla potvrzena hypotéza, že přídavek přídatných látek (rec. 2) zlepšuje kvalitu bezlepkového pečiva (obr. 15).



Obr. 15: Závislost kohezivnosti amaratového pečiva na jednotlivých formách vzorků: T: pečivo ze zmrazeného těsta; P: pečivo ze zmrazeného polotovaru; S: standard (čerstvě upečené pečivo); 65-75: procentuální přídavky vody do těsta

U pečiva vyrobeného ze zmrazeného těsta nebyl nalezen statisticky významný rozdíl v elasticitě ve srovnání se standardy se stejnými přídavky vody. U pečiva vyrobeného ze zmrazeného polotovaru byly viditelné rozdíly – hodnoty elasticity byly průkazně nižší než standardy se stejnými přídavky vody. S rostoucím přídavkem vody se elasticita pečiva vyrobeného ze zmrazeného těsta průkazně snižovala. U pečiva vyrobeného ze zmrazeného polotovaru nebyl nalezen žádný trend závislosti na přídavku vody, ale průkazně nejvyšší hodnoty vykazovalo pečivo vyrobené ze zmrazeného polotovaru se 75% přídavkem vody s recepturou 1. Hypotéza o vlivu přídatných látek (rec. 2) na zlepšení kvality bezlepkového pečiva (zvýšení elasticity) byla potvrzena jen u vzorků vyrobených ze zmrazeného polotovaru s přídavky vody 65 a 70 %, ovšem bez statisticky významného rozdílu (obr. 16).

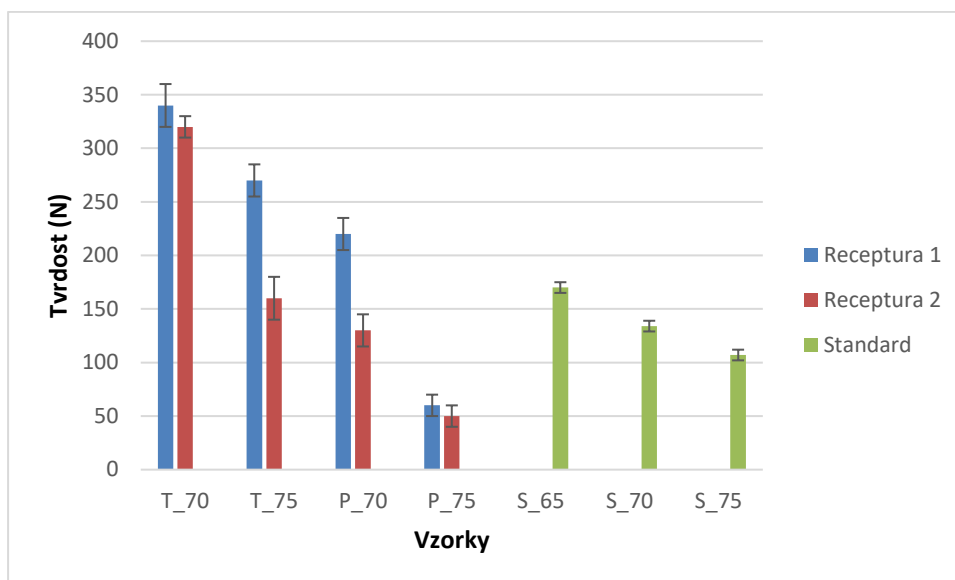


Obr. 16: Závislost elasticity amarantového pečiva na jednotlivých formách vzorků: T: pečivo ze zmrazeného těsta; P: pečivo ze zmrazeného polotovaru; S: standard (čerstvě upečené pečivo); 65-75: procentuální přídavky vody do těsta

4.3.2 Cizrnové pečivo

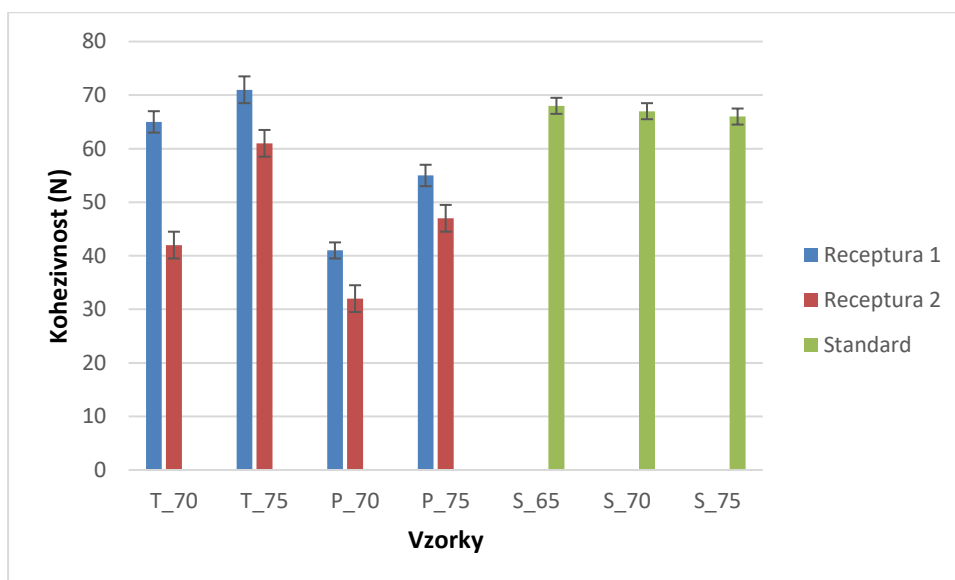
Cizrnové pečivo vyrobené ze zmrazeného těsta i polotovaru s přídavkem vody 65 % (receptura 1 i 2) nebylo možné změřit, jelikož střída pečiva byla příliš hutná až drobná.

Zvyšující se přídavek vody u obou receptur průkazně snižoval tvrdost střídy cizrnového pečiva vyrobeného ze zmrazeného těsta, polotovaru i čerstvě upečeného pečiva. Tvrdost střídy byla u vzorků, které podlehly mrazení, průkazně vyšší než čerstvě upečené pečivo, pouze pečivo ze zmrazeného polotovaru při přídavku vody 75 % u receptury 1 i 2 vykazovalo průkazně nižší tvrdost než standard. Byla potvrzena hypotéza, že přídavek přídatných látek (rec. 2) průkazně zlepšuje kvalitu (snižuje tvrdost střídy) bezlepkového pečiva vyrobeného z cizrnové mouky (obr. 17).



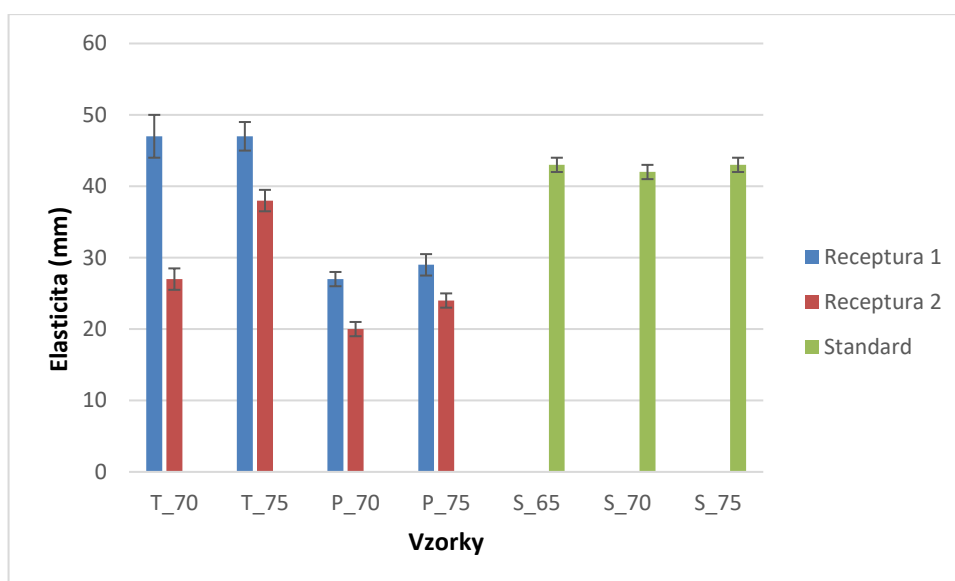
Obr. 17: Závislost tvrdosti cizrnového pečiva na jednotlivých formách vzorků: T: pečivo ze zmrazeného těsta; P: pečivo ze zmrazeného polotovaru; S: standard (čerstvě upečené pečivo); 65-75: procentuální přídatky vody do těsta

S rostoucím přídatkem vody se průkazně zvyšovaly hodnoty kohezivnosti u obou receptur; u čerstvě upečeného pečiva nebyl nalezen statisticky významný rozdíl v závislosti na přídatku vody. Po porovnání receptur vyplynulo, že střída s recepturou 1 byla průkazně soudržnější než střída s recepturou 2 – nebyla potvrzena hypotéza o vlivu přídatných látek na zlepšení kvality bezlepkového pečiva (obr. 18).



Obr. 18: Závislost kohezivnosti cizrnového pečiva na jednotlivých formách vzorků: T: pečivo ze zmrazeného těsta; P: pečivo ze zmrazeného polotovaru; S: standard (čerstvě upečené pečivo); 65-75: procentuální přídatky vody do těsta

U čerstvě upečeného pečiva a pečiva vyrobeného ze zmrazeného těsta s recepturou 1 nebyl nalezen statisticky významný rozdíl v závislosti elasticity na přídávku vody. U zbylých vzorků bylo zjištěno, že s rostoucím přídávkem vody se průkazně zvyšovala elasticita cizrnového pečiva. Při porovnání receptur mezi sebou je viditelné, že receptura 2 má při stejných přídávkách vody průkazně nižší hodnoty elasticity než receptura 1 – nebyla potvrzena hypotéza o vlivu přídatných látek (rec. 2) na zlepšení kvality (zvýšení elasticity) bezlepkového pečiva. Po srovnání se standardy bylo zjištěno, že všechny vzorky, kromě pečiva vyrobeného ze zmrazeného těsta s recepturou 1, mají při totožných přídávkách vody průkazně nižší hodnoty elasticity než standard (obr. 19).



Obr. 19: Závislost elasticity cizrnového pečiva na jednotlivých formách vzorků: T: pečivo ze zmrazeného těsta; P: pečivo ze zmrazeného polotovaru; S: standard (čerstvě upečené pečivo); 65-75: procentuální přídávky vody do těsta

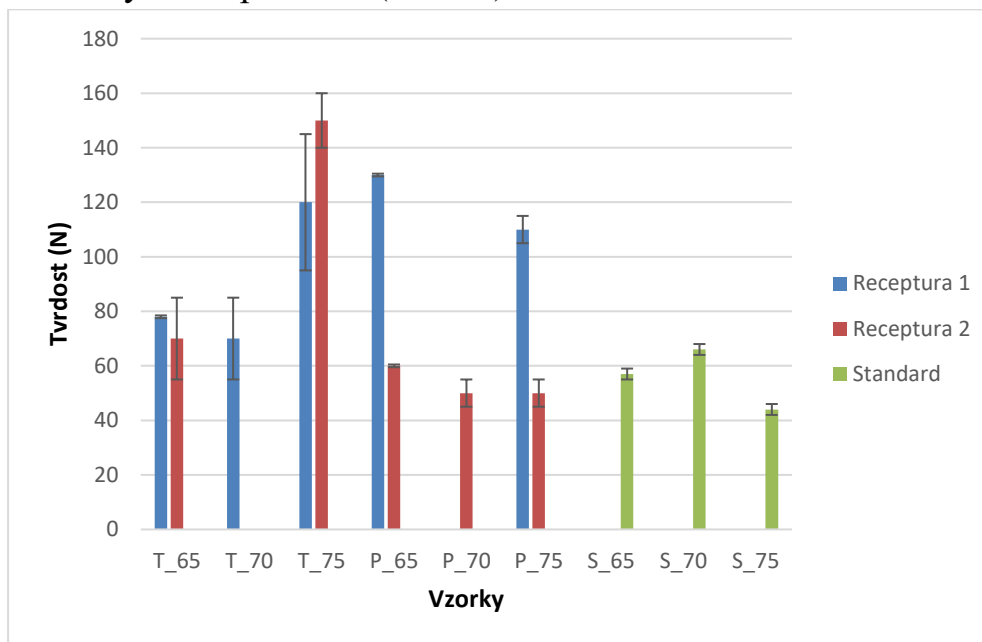
4.3.3 Pohankové pečivo

Dva vzorky pohankového pečiva (pečivo vyrobené ze zmrazeného těsta s recepturou č. 2 se 70% přídávkem vody a pečivo vyrobené ze zmrazeného polotovaru s recepturou č. 1 se 70% přídávkem vody) nebylo možné změřit, jelikož střída pečiva byla příliš hutná a lepivá.

U pečiva ze zmrazeného těsta bylo zřejmé, že při vyšším přídávku vody průkazně rostla i tvrdost střídy, opačně tomu bylo u pečiva vyrobeného ze zmrazeného polotovaru (tzn. vyšší přídavek vody způsobil průkazně nižší tvrdost střídy) (obr. 43).

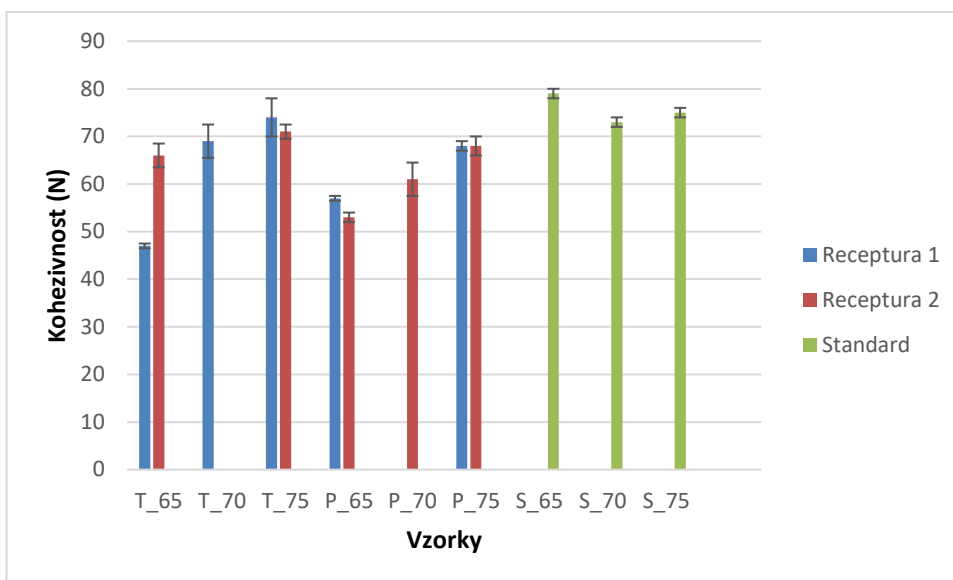
Při vzájemném porovnání receptur u stejných přídávků vody bylo zjištěno, že při použití receptury 1 u pečiva vyrobeného ze zmrazeného polotovaru byly

hodnoty tvrdosti průkazně vyšší než u receptury 2 – byla potvrzena hypotéza o vlivu přídatných látek (rec. 2) na zlepšení kvality (snížení tvrdosti) bezlepkového pečiva. U pečiva vyrobeného ze zmrazeného těsta byly hodnoty receptury 1 u přídavku vody 65 % vyšší (bez statisticky významného rozdílu), ale u 75% přídavku vody byla tvrdost střídy s recepturou 1 nižší než s recepturou 2 bez statisticky významného rozdílu. Tvrdost všech vzorků, které prošly mražením, byla po srovnání se standardem průkazně vyšší, kromě jediného vzorku – pečivo vyrobené ze zmrazeného polotovaru se 70% přídavkem vody a recepturou 2 (obr. 20).



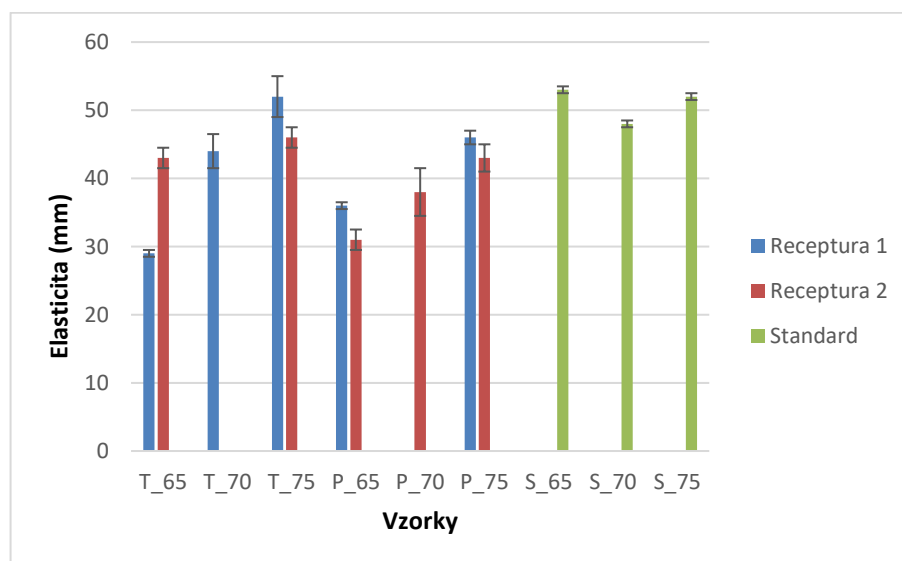
Obr. 20: Závislost tvrdosti pohankového pečiva na jednotlivých formách vzorků: T: pečivo ze zmrazeného těsta; P: pečivo ze zmrazeného polotovaru; S: standard (čerstvě upečené pečivo); 65-75: procentuální přídavky vody do těsta

Se zvyšujícím se přídavkem vody se u všech vzorků, které prošly mražením, průkazně zvyšovaly hodnoty kohezivnosti. Všechny vzorky měly po srovnání se standardem průkazně nižší soudržnost střídy (kohezivnost). Hypotéza o přídavku přídatných látek (rec. 2) na zlepšení kvality (zvýšení kohezivnosti) bezlepkového pečiva byla průkazně potvrzena pouze u vzorku pečiva vyrobeného ze zmrazeného těsta s 65% přídavkem vody. Zbylé vzorky měly po porovnání obou receptur mezi sebou nižší nebo shodné hodnoty bez statisticky významných rozdílů (obr. 21).



Obr. 21: Závislost koheznosti pohankového pečiva na jednotlivých formách vzorků: T: pečivo ze zmrazeného těsta; P: pečivo ze zmrazeného polotovaru; S: standard (čerstvě upečené pečivo); 65-75: procentuální přídavky vody do těsta

Přídavek vody do těsta měl vliv na elasticitu pečiva – se zvyšujícím se přídavkem vody se u všech vzorků pečiva, které prošly mrazicím procesem, průkazně zvyšovala elasticita. V porovnání vzorků se standardy bylo zjištěno, že pečivo vyrobené ze zmrazených polotovarů a těst mělo průkazně nižší elasticitu. Hypotéza o přídavku přídatných látek (rec. 2) na zlepšení kvality (zvýšení elasticity) bezlepkového pečiva byla průkazně potvrzena pouze u vzorku pečiva vyrobeného ze zmrazeného těsta s 65% přídavkem vody. Zbylé vzorky měly po porovnání obou receptur mezi sebou průkazně nižší hodnoty (obr. 22).



Obr. 22: Závislost elasticity pohankového pečiva na jednotlivých formách vzorků: T: pečivo ze zmrazeného těsta; P: pečivo ze zmrazeného polotovaru; S: standard (čerstvě upečené pečivo); 65-75: procentuální přídavky vody do těsta

4.4 Senzorická analýza

Z výsledků sensorické analýzy bylo zjištěno, že u všech vzorků vyrobených z jednotlivých druhů bezlepkových mouk mělo mrazení průkazně negativní vliv na jednotlivé sensorické parametry bezlepkového pečiva – všechny vzorky, které prošly mrazením měly průkazně horší hodnoty než čerstvě upečené pečivo.

U amarantového a pohankového pečiva nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly v závislosti na různých přídavicích vody. U cizrnového pečiva byly se zvyšujícím se přídatkem vody průkazně lepší pouze hodnoty parametru vzhled kůrky a vzhled střídy.

Hypotéza o vlivu zlepšujících přídatných látek na kvalitu (zlepšení vzhledu kůrky) bezlepkového pečiva byla potvrzena u cizrnového pečiva pro vzorky vyrobené ze zmrazeného těsta při 65% přídatku vody a pečiva vyrobeného ze zmrazeného polotovaru s přídatky vody 65 a 70 %. Dále byla potvrzena pro zlepšení vzhledu střídy cizrnového pečiva u vzorků vyrobených ze zmrazeného těsta a zmrazeného polotovaru se 70% přídatky vody. Pro parametr pórovitosti byla hypotéza potvrzena pouze u pečiva vyrobeného ze zmrazeného těsta se 65% přídatkem vody. Pro chuť a vůni cizrnového pečiva byla hypotéza potvrzena u všech vzorků vyrobených ze zmrazeného těsta i polotovaru – všechny vzorky s recepturou 2 měly průkazně lepší hodnoty než s recepturou 1.

Hypotéza o vlivu přídatných látek (rec. 2) na zlepšení kvality (zlepšení vzhledu střídy) bezlepkového pečiva byla potvrzena u pohankového pečiva pro vzorky vyrobené ze zmrazeného polotovaru při 70% přídatku vody. Dále byla potvrzena pro zlepšení pružnosti střídy pohankového pečiva u vzorků vyrobených ze zmrazeného těsta při 70% přídatku vody a zmrazeného polotovaru se 65% přídatkem vody. Pro parametr pórovitosti byla hypotéza potvrzena pouze u pečiva vyrobeného ze zmrazeného polotovaru se 65% přídatkem vody. Pro chuť a vůni pohankového pečiva byla hypotéza potvrzena u všech vzorků vyrobených ze zmrazeného těsta i polotovaru – všechny vzorky s recepturou 2 měly průkazně lepší hodnoty než s recepturou 1.

Ze sensorické analýzy bylo zjištěno, že hodnotitelé neshledali průkazné rozdíly ve vzhledu, pružnosti a pórovitosti střídy. Díky sensorické analýze bylo ale zjištěno, že rýžová mouka použitá v receptuře 2 pozitivně zlepšila chuťový profil cizrnového a pohankového pečiva vyrobeného ze zmrazených těst a polotovarů. Díky rýžové mouce byla chuť jemnější a příjemnější než u vzorků, kde byla samostatná cizrnová, či pohanková mouka.

4.5 Diskuze

Tato disertační práce byla věnována zkoumání bezlepkového pečiva, jelikož bezlepkové pečivo má oproti pšeničnému pečivu horší technologické vlastnosti, které se vyznačují především nízkým specifickým objemem, vyšší tvrdostí střídy a rychlejším stárnutím pečiva. Ke zlepšení reologických vlastností bezlepkového pečiva bylo přidáno 1 % xantanové gumy, protože molekuly této látky mají podobné viskoelastické vlastnosti jako lepek (Pasqualone et al., 2010; Hager a Arendt, 2013). U amarantového pečiva vyrobeného ze zmrazeného těsta a u pohankového pečiva vyrobeného ze zmrazeného těsta a polotovaru při 75% přídávku vody bylo zjištěno, že specifický objem byl průkazně vyšší u receptury č. 2, ve kterém byly obsaženy zlepšující látky. Tento fakt byl objasnili Hager a Arendt, 2013, kdy potvrdili, že v nízkých množstvích xantanová guma zvyšuje objem bochníku a zlepšuje reologické vlastnosti chleba. Přidání xanthanové gumy do těsta totiž přispívá k získání stabilních pěn na bílkovinné bázi s reologickými vlastnostmi typickými pro viskoelastické pevné látky (Li a Nie, 2016).

Zkoumané texturní, senzorické a extenzografické vlastnosti se lišily v závislosti na použité bezlepkové mouce. Vysvětlení těchto odlišností podává Fabiola et al., 2017 – v bezlepkových moukách jsou přítomny neškrobové polysacharidy, které se nazývají arabinoxylany. Arabinoxylany se dále dělí na vodou extrahovatelné (WEAX) a vodou nextrahovatelné (WUAX). Vědecké studie uvádí, že WEAX mají významný vliv na vlastnosti těsta, kvalitu chleba (objem bochníku a textura pečiva), vaznost vody a celkovou kvalitu mouky (Hemalatha et al., 2013, Fabiola et al., 2017).

Z výsledků měření objemů bezlepkového pečiva vyrobeného z pohankové mouky bylo zjištěno, že s rostoucími přídávky vody byl specifický objem pečiva vyšší. Podle Araki et al. jsou škrobové granule u nízkých přídávků vody do těsta nedostatečně hydratovány, a tudíž nemají optimální podmínky pro mazovatění a zvyšování specifického objemu. Zároveň nižší obsah poškozených škrobových granulí zvyšuje specifický objem bochníku. Je pravděpodobné, že malé částice bezlepkových mouk tvoří slabou strukturu těsta, která není schopna zadržet plyn, jenž se uvolňuje během fermentace, a tudíž má bezlepkové pečivo nižší objem (Hera et al., 2013). Je třeba zdůraznit, že malé částice zvyšují kontaktní povrch škrobových granulí s vodou, takže pro hydrataci a bobtnání škrobových granulí je potřebné přidat do těsta větší množství vody (Hera et al., 2014). Tento

fakt by mohl být vysvětlením nižších specifických objemů pohankového pečiva s nižšími obsahy vody.

Z texturní profilové analýzy bylo zjištěno, že přídavek xantanové gumy v receptuře č. 2 průkazně snížil tvrdost střídy bezlepkového amarantového pečiva vyrobeného ze zmrazeného těsta se 65% přídavkem vody; u všech vzorků cizrnového pečiva, které prošly mrazicím procesem a u pohankového pečiva vyrobeného ze zmrazeného polotovaru, výsledek koresponduje s výsledky vědeckých studií (Sciarini et al., 2010, Lazaridou et al., 2007 a Schober et al., 2005). Dle Lazaridou et al., 2007 bylo zjištěno, že přídavek xantanové gumy průkazně zvyšuje elasticitu bezlepkového pečiva. Toto zjištění bylo potvrzeno pouze u pohankového pečiva vyrobeného ze zmrazeného těsta s přídavkem 65 % vody.

Z tahové zkoušky vyplynul závěr, že se amarantová těsta přetrhla při nejvyšším napětí, za což může být zodpovědné vyšší množství kyseliny ferulové v molekulách arabinoxylanů. Všeobecný předpoklad totiž zní, že kostru bezlepkového těsta tvoří gel, který je tvořen řetězci arabinoxylanů. Tyto řetězce obsahují zbytky kyseliny ferulové a sousedící arabinoxylanové řetězce jsou schopny se spojit pomocí kovalentních vazeb a zpevnit tak arabinoxylanový gel. Řetězce arabinoxylanů proto byly pevněji spojeny větším počtem kovalentních vazeb, a tedy byly schopny odolávat většímu napětí (Krevelen a Nijenhuis, 2009; Izydorszyk a Bilianderis, 1995).

5. PŘÍNOS PRÁCE PRO VĚDU A PRAXI

Na základě literární rešerše a ze získaných výsledků praktické části této disertační práce lze konstatovat následující přínosy pro vědu a praxi:

- bezlepkové pečivo lze zmrazovat i pomocí kapalného dusíku v laboratorních podmínkách;
- zmrazování bezlepkového pečiva je možné, ale po rozmrazení tohoto pečiva bylo zjištěno, že zmrazování signifikantně ovlivnilo (zhoršilo) texturní vlastnosti bezlepkového pečiva;
- pomocí jednotlivých zkoušek pro měření texturních a reologických parametrů určených pro pšeničné pečivo a těsto lze také zjistit texturní vlastnosti bezlepkového pečiva a otestovat bezlepková těsta;
- na základě sensorické analýzy bylo potvrzeno, že rýžová mouka sensoricky ovlivňuje (zlepšuje) chuť a vůni jednodruhového bezlepkového pečiva, které bylo podrobeno zmrazování;
- hypotéza, že přídavek zlepšujících složek (xantanové gumy a instantní rýžové mouky) zvýší kvalitu bezlepkového biologicky kypřeného pečiva, byla potvrzena jen některých texturních parametrů;
- v jednotlivých vzorcích (použití různých druhů bezlepkové mouky a různého recepturního přídavku vody) bezlepkového biologicky kypřeného pečiva bylo zjištěno odlišné chování použitých zlepšujících složek;
- jednodruhové bezlepkové biologicky kypřené pečivo vyrobené ze zmrazených těst nebo polotovarů by nebylo pro konzumenty bezlepkového pečiva chuťově atraktivní;
- v praxi by nebylo možné zmrazovat bezlepkové pečivo pomocí kapalného dusíku z důvodu vysoké finanční náročnosti.

6. ZÁVĚR

Vzhledem k tomu, že neustále přibývá osob trpících celiakií, je vyšší poptávka po bezlepkových potravinách, zejména po pečivu. Aby byl trh schopen pružně reagovat na požadavky zákazníků, je žádoucí uvádět též bezlepkové pečivo ze zmrazeného polotovaru, aby měl možnost zákazník koupit si „čerstvé“ pečivo v průběhu celého dne.

Na základě výsledků experimentální části této práce lze vyvodit následující závěry:

- byl zřejmý vliv použitého druhu mouky na zkoumané parametry. U jednotlivých druhů mouk byly pozorovány odlišné hodnoty, závislosti a chování bezlepkového pečiva u stejných parametrů.
- mrazení všech testovaných druhů bezlepkového pečiva mělo negativní vliv na specifický objem a sensorickou analýzu. Vzorky bezlepkového pečiva, které prošly mrazicím procesem měly průkazně nižší specifické objemy a horší sensorické hodnocení než čerstvě upečené bezlepkové pečivo.
- vliv různého přídatku vody (65, 70 a 75 % vztažených na hmotnost mouky) na specifický objem bezlepkového pečiva byl prokázán pouze u pečiva vyrobeného z pohankové mouky
- hypotéza, že přídatek zlepšujících složek obsažených v receptuře č. 2 zvýší specifický objem bezlepkového pečiva, byla prokázána u amarantového pečiva vyrobeného ze zmrazeného těsta (u všech přídatků vody) a u pohankového pečiva vyrobeného ze zmrazeného těsta a polotovaru při přídatcích vody 75 %.
- mrazení všech testovaných druhů bezlepkového pečiva mělo negativní vliv na texturní vlastnosti.
- recepturní přídatek vody měl statisticky významný vliv na jednotlivé texturní parametry:
 - se zvyšujícím se přídatkem vody bylo zjištěno průkazné zvýšení soudržnosti střídy všech vzorků cizrnového a pohankového pečiva, které prošlo mrazením. U bezlepkového pečiva vyrobeného z amarantové mouky byl tento vliv zjištěn pouze u pečiva vyrobeného ze zmrazeného polotovaru s recepturou č. 1.
 - se zvyšujícím se přídatkem vody bylo zjištěno průkazné zvýšení elasticity střídy všech vzorků cizrnového pečiva (kromě pečiva

- vyrobeného ze zmrazeného těsta s recepturou 1) a pohankového pečiva, které prošly mrazením.
- se zvyšujícím se přídatkem vody se průkazně snižovala tvrdost střídy u všech vzorků cizrnového pečiva, které prošly mrazením; u amarantového pečiva vyrobeného ze zmrazeného těsta s recepturou 1 a u pohankového pečiva vyrobeného ze zmrazeného polotovaru
 - se zvyšujícím se přídatkem vody bylo sledováno průkazné snížení žvýkatelnosti u všech vzorků cizrnového pečiva, které prošly mrazením
- hypotéza, že přídatek zlepšujících složek obsažených v receptuře č. 2 zlepšil kvalitu (texturní vlastnosti) bezlepkového pečiva byla potvrzena u těchto vzorků:
- snížení tvrdosti bezlepkového pečiva bylo průkazné u amarantového pečiva vyrobeného ze zmrazeného těsta se 65% přídatkem vody; u všech vzorků cizrnového pečiva, které prošly mrazicím procesem; u pohankového pečiva vyrobeného ze zmrazeného polotovaru
 - snížení žvýkatelnosti bylo průkazné u amarantového pečiva vyrobeného ze zmrazeného těsta; u všech vzorků cizrnového pečiva, které prošly mrazením; pohankového pečiva vyrobeného ze zmrazeného polotovaru
 - zvýšení kohezivnosti a elasticity bylo průkazné pouze u pohankového pečiva vyrobeného ze zmrazeného těsta s přídatkem 65 % vody
- hypotéza o vlivu zlepšujících složek na kvalitu bezlepkového těsta nebyla potvrzena u tahové zkoušky
- ze senzorické analýzy vyplynul závěr, že přídatek rýžové mouky v receptuře č. 2 pozitivně zlepšil chuťový profil cizrnového a pohankového pečiva vyrobeného ze zmrazených těst a polotovarů

Z těchto závěrů je možno konstatovat, že bezlepkové biologicky kypřené pečivo vyrobené ze zmrazených těst i polotovarů dle navržených receptur a technologických postupů lze vyrobit. Toto pečivo má horší technologické vlastnosti než čerstvě upečené bezlepkové pečivo a dá se očekávat, že by o něj na trhu nebyl zájem.

7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- 1 AIBARA, S; NISHIMURA, K.; ESAKI, K. (2001) Effects of Shortening on the Loaf Volume of Frozen Dough Bread. *Food Sci. Biotechnol.*, vol. 10, p.521-528, ISSN 1226-7708.
- 2 ANGIOLONI, A.; BALESTRA, F.; PINNAVAIA, G. G.; ROSA M. D. (2008) Small and large deformation tests for the evaluation of frozen dough viscoelastic behaviour. *Journal of Food Engineering.* vol. 87, issue 4, s. 527-531. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2008.01.007.
- 3 ANTON, A., A.; ARTFIELD, S., D. (2008) Hydrocolloids in gluten-free breads: A review, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, vol. 59, issue 1, s. 11-23, DOI: 10.1080/09637480701625630.
- 4 ARAKI, E.; IKEDA, T. M.; ASHIDA, K.; TAKATA, K.; YANAKA, M; IIDA, S. (2009) Effects of Rice Flour Properties on Specific Loaf Volume of One-loaf Bread Made from Rice Flour with Wheat Vital Gluten. *Food Science and Technology Research.* 2009, **15**(4), 439-448. DOI: 10.3136/fstr.15.439. ISSN 1344-6606.
- 5 AUTIO, K., SINDA, E. (1992) Frozen doughs: Rheological changes and yeast viability. *Cereal Chemistry*, vol. 69, issue 4, s. 409–413, ISSN 0009-0352.
- 6 BÁRCENAS, M. E., BENEDITO, C.; ROSELL, C. M. (2004) Use of hydrocolloids as bread improvers in interrupted baking process with frozen storage. *Food Hydrocolloids*, vol. 18, issue 5, s. 769-774. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2003.12.003.
- 7 BÁRCENAS, M. E.; HAROS M.; BENEDITO, C.; ROSELL, M. C. (2003 a) Effect of freezing and frozen storage on the staling of part-baked bread. *Food Research International.* vol. 36, issue 8, s. 863-869. DOI: 10.1016/s0963-9969(03)00093-0.
- 8 BÁRCENAS, M., E.; ROSELL, C. M. (2007) Different approaches for increasing the shelf life of partially baked bread: Low temperatures and hydrocolloid addition. *Food Chemistry.*, vol. 100, issue 4, s. 1594-1601. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.12.043.
- 9 BÁRCENAS, M., E; HAROS, M.; ROSELL, C., M. (2003 b) An approach to studying the effect of different bread improvers on the staling of pre-baked frozen bread. *European Food Research and Technology.* vol. 218, issue 1, s. 56-61. DOI: 10.1007/s00217-003-0816-y.
- 10 BOURNE, M. C. (2002) *Food texture and Viscosity: Concept and Measurement.* 2nd ed. San Diego: Academic Press, ISBN 0121190625.
- 11 CORNEJO, F.; ROSELL, C., M. (2015) Physicochemical properties of long rice grain varieties in relation to gluten free bread quality. *LWT - Food Science and Technology.* vol. 62, issue 2, s. 1203-1210. DOI: 10.1016/j.lwt.2015.01.050.
- 12 COSGROVE, T. (2010) *Colloid Science: Principales, Methods and Applications*, Blackwell Publishing Ltd, 2nd edition, ISBN 978-1444320206.
- 13 ČESKO. Vyhláška č. 18/2020 Sb. o požadavcích na mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta
- 14 ČSN ISO 11036 – Senzorická analýza – Metodologie – Profil textury, Český normalizační institut, Praha 1997
- 15 DODIĆ, J.; PEJIN, D.; DODIĆ, S; POPOV, S.; MASTILOVIĆ, J.; POPOV-RALJIĆ, J.; ZIVANOVIC, S. (2007) Effects of Hydrophilic Hydrocolloids on Dough and Bread Performance of Samples Made from Frozen Doughs. *Journal of Food Science.*, vol. 72, issue 4, S235-S241. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2007.00337.x.
- 16 DUNNEWIND, B.; SLIWINSKI, E.L.; GROLLE K.; VLIET, T. (2003) The Kieffer Dough and Gluten Extensibility Rig - An Experimental Evaluation. *Journal of Texture Studies*, vol. 34, issue 5-6, s. 537-560. DOI: 10.1111/j.1745-4603.2003.tb01080.x.

- 17 ELISA, M-B; BENJAMN, R-W.; PATRICIA, I. T-C.; DALIA I. S-M.; JAIME, L-C. (2014) Changes in protein solubility, fermentative capacity, viscoelasticity and breadmaking of frozen dough. *African Journal of Biotechnology.*, vol. 13, issue 20, s. 2058-2071 [cit. 2015-05-29]. DOI: 10.5897/ajb2014.13627
- 18 FABIOLA, E.; SERGIO, A.-S.; SERNA-SALDÍVAR, O.; WELTI-CHANES, J. (2017) Effect of arabinoxylans and laccase on batter rheology and quality of yeast-leavened gluten-free breads, *Journal of Cereal Science*, vol. 73, s 10-17, DOI: 10.1016/j.jcs.2016.11.003.
- 19 GUARDA, A; ROSELL, C.M; BENEDITO, C.; GALOTTO, M. J. (2004) Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. *Food Hydrocolloids*. vol. 18, issue 2, s. 241-247. DOI: 10.1016/s0268-005x(03)00080-8.
- 20 HAGER, A.-S.; ARENDT, E., K. (2013) Influence of hydroxypropylmethylcellulose (HPMC), xanthan gum and their combination on loaf specific volume, crumb hardness and crumb grain characteristics of gluten-free breads based on rice, maize, teff and buckwheat. *Food Hydrocolloids*. vol. 32, issue 1, s. 195-203, DOI: 10.1016/j.foodhyd.2012.12.021.
- 21 HEMALATHA, M.; MANOHAR, R.; SALIMATH, V.; PRASADA U. (2013). Effect of Added Arabinoxylans Isolated from Good and Poor Chapati Making Wheat Varieties on Rheological Properties of Dough and Chapati Making Quality. *Food and Nutrition Sciences*. vol. 04., s. 884-892, DOI: 10.4236/fns.2013.49116.
- 22 HERA, E. de la; MARTINEZ, M.; GÓMEZ, M. (2013) Influence of flour particle size on quality of gluten-free rice bread. *LWT - Food Science and Technology*. vol. 54, issue 1, s. 199-206. DOI: 10.1016/j.lwt.2013.04.019.
- 23 HERA, E. de la; ROSELL, C., M; GOMEZ, M. (2014) Effect of water content and flour particle size on gluten-free bread quality and digestibility. *Food Chemistry* . vol. **151**, s. 526-531. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.11.115.
- 24 HERAUSGEBER, Hans HUBER. (1993) *Handbuch Gärsteuerung*. Aufl. Hamburg: Behr, ISBN 978 3-86022-102-0
- 25 HUI, Y. *Handbook of food science, technology, and engineering*, volume 3, Boca Raton: Taylor & Francis, CRC Press, 2006, 4 vydání, 712 stran. ISBN 9780849398476
- 26 CHEN, Guo; JANSSON, H.; LUSTRUP K. F.; SWENSON, J. (2012) Formation and distribution of ice upon freezing of different formulations of wheat bread. *Journal of Cereal Science.*, vol. 55, issue 3, s. 279-284. DOI: 10.1016/j.jcs.2011.12.008.
- 27 INOUE, Y., BUSHUK, W. (1991) Studies on frozen dough I. Effects of frozen storage and freeze-thaw cycles on baking rheological properties. *Cereal Chemistry*, vol. 68, issue 6, s. 627–631, ISSN 0009-0352.
- 28 IZYDORCZYK, M., S.; BILIADERIS, C., G. (1995) Cereal arabinoxylans: advances in structure and physicochemical properties. *Carbohydrate Polymers*. vol. 28, issue 1, s. 33-48. DOI: 10.1016/0144-8617(95)00077-1.
- 29 KIM, Y. S.; HUANG, W.; DU, G.; PAN, Z.; CHUNG, O. (2008) Effects of trehalose, transglutaminase, and gum on rheological, fermentation, and baking properties of frozen dough. *Food Research International.*, vol. 41, issue 9, s. 903-908. DOI: 10.1016/j.foodres.2008.07.013.
- 30 KINDELSPIRE, J., Y.; GLOVER, K., D.; CAFFÉ-TREML, M.; KRISHNAN, P., G. (2015) Dough Strain Hardening Properties as Indicators of Baking Performance. *Cereal Chemistry Journal*. vol. 92, issue 3, s. 293-301 DOI: 10.1094/CCHEM-12-13-0249-R.
- 31 KRESS-ROGERS E. (2001) *Instrumentation and sensors for the food industry*. 2nd ed. Cambridge: Woodhead Pub, ISBN 9781855736481.

- 32 KYZLINK, V. (1990) Principles of food preservation. ELSEVIER Amsterdam-Oxford-New York-Tokyo, ISBN 0-444-98844-0.
- 33 LAURENS VAN KREVELEN, K.; NIJENHUIS, T. (2009) Properties of Polymers (Fourth Edition), Elsevier, ISBN 9780080548197, DOI: 10.1016/B978-0-08-054819-7.00033-9.
- 34 LAZARIDOU, A.; DUTA, D.; PAPAGEORGIOU, M.; BELC, N.; BILIADERIS, C., G. (2007) Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of Food Engineering* . vol. 79, issue 3, s. 1033-1047. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2006.03.032.
- 35 LI, J.-M.; NIE, S.-P. (2016) The functional and nutritional aspects of hydrocolloids in foods. *Food Hydrocolloids*. vol. 53, s. 46-61. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2015.01.035.
- 36 LYNCH, E.J.; DAL BELLO, E.M.; SHEEHAN, K.; CASHMAN D.; ARENDT, E.K. (2009) Fundamental studies on the reduction of salt on dough and bread characteristics. *Food Research International*, vol. 42, issue 7, s. 885-891. DOI: 10.1016/j.foodres.2009.03.014.
- 37 MALKIN ALEXANDER YA., ISAYEV, AVRAAM I: Rheology: concepts, methods, and applications. Toronto: ChemTec Pub, 2005. ISBN 189519833X.
- 38 MANDALA, I. G.(2005) Physical properties of fresh and frozen stored, microwave-reheated breads, containing hydrocolloids. *Journal of Food Engineering.*, vol. 66, issue 3, s. 291-300. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2004.03.020.
- 39 MANDALA, I.; KAPETANAKOU, A.; KOSTAROPOULOS, A. (2008) Physical properties of breads containing hydrocolloids stored at low temperature: II—Effect of freezing. *Food Hydrocolloids*. vol. 22, issue 8, s. 1443-1451. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2007.09.003.
- 40 MANDALA, I.; KARABELA, D.; KOSTAROPOULOS, A.. (2007) Physical properties of breads containing hydrocolloids stored at low temperature. I. Effect of chilling. *Food Hydrocolloids.*, vol. 21, issue 8, s. 1397-1406. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2006.11.007.
- 41 MATUDA, T. G.; CHEVALLIER S.; FILHO P. de A. P.; LEBAIL A.; TADINI C., C. (2008) Impact of guar and xanthan gums on proofing and calorimetric parameters of frozen bread dough. *Journal of Cereal Science.*, vol. 48, issue 3, s. 741-746. DOI: 10.1016/j.jcs.2008.04.006.
- 42 MEZIANI, S.; JASNIEWSKI, J.; GAIANI, C.; IOANNOU, I.; MULLER, J., M; GHOU M.; DESOBRY, S. (2011) Effects of freezing treatments on viscoelastic and structural behavior of frozen sweet dough. *Journal of Food Engineering*. vol. 107, 3-4, s. 358-365. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2011.07.003.
- 43 MOORE, M., M.; HEINBOCKEL, M.; DOCKERY, P.; ULMER, H., M.; ARENDT, E., K. (2006) Network Formation in Gluten-Free Bread with Application of Transglutaminase. *Cereal Chemistry*, vol. 83, s. 28-36. DOI:10.1094/CC-83-0028.
- 44 Nařízení Komise (ES) 41/2009 o složení a označování potravin pro osoby s nesnášenlivostí lepku, 2009.
- 45 OLIVERA, D., F.; SALVADORI, V., O. (2009) Effect of freezing rate in textural and rheological characteristics of frozen cooked organic pasta. *Journal of Food Engineering*. vol. 90, issue 2, s. 271-276. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2008.06.041.
- 46 PASQUALONE, A.; CAPONIO, F.; SUMMO, C.; PARADISO, V., M.; BOTTEGA, G.; PAGANI, M., A. (2010) Gluten-Free Bread Making Trials from Cassava (Manihot Esculenta Crantz) Flour and Sensory Evaluation of the Final Product. *International Journal of Food Properties*. vol. 13, issue 3, s. 562-573. DOI: 10.1080/10942910802713172.

- 47 POLAKI, A.; XASAPIS, P.; FASSEAS, C.; YANNIOTIS, S.; MANDALA, I. (2010) Fiber and hydrocolloid content affect the microstructural and sensory characteristics of fresh and frozen stored bread. *Journal of Food Engineering*. vol. 97, issue 1, s. 1-7. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2009.04.031.
- 48 PŘÍHODA, J.; HUMPOLÍKOVÁ, P.; NOVOTNÁ, D. (2003) *Základy pekárenské technologie*. 1. vyd. Praha: Odborné nakladatelství a vydavatelství jako obchodní společnost Podnikatelského svazu pekařů a cukrářů v ČR. ISBN 80-902922-1-6
- 49 RENZETTI, S.; ROSELL, C., M. (2016). Role of enzymes in improving the functionality of proteins in non-wheat dough systems. *Journal of Cereal Science*. vol. 67, s. 35-45. DOI: 10.1016/j.jcs.2015.09.008.
- 50 RIBOTTA, P. D., LEÓN, A. E., AÑÓN, M. C. (2001) Effect of freezing and frozen storage of doughs on bread quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 49, issue 2, s. 913–918, DOI: 10.1021/jf000905w
- 51 RIBOTTA, P. D.; AUSAR, S. F.; BELTRAMO, D. M.; LEÓN, A. E. (2005), Interactions of hydrocolloids and sonicated-gluten proteins. *Food Hydrocolloids*. vol. 19, issue 1, s. 93-99. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2004.04.018.
- 52 RIBOTTA, P., D.; PÉREZ, G., T.; LEÓN A., E.; AÑÓN, M. C. (2004) Effect of emulsifier and guar gum on micro structural, rheological and baking performance of frozen bread dough. *Food Hydrocolloids*. vol. 18, issue 2, s. 305-313. DOI: 10.1016/s0268-005x(03)00086-9.
- 53 ROSELL, C., M.; GÓMEZ, M. (2007) Frozen Dough and Partially Baked Bread: An Update. *Food Reviews International*., vol. 23, issue 3. DOI: 10.1080/87559120701418368.
- 54 ROSENTHAL, A.J. 2010) Texture Profile Analysis - How Important Are the Parameters? *Journal of Texture Studies*, vol. 41, issue 5, s. 672-684 DOI: 10.1111/j.1745-4603.2010.00248.x.
- 55 SAHRAIYAN, B.; NAGHIPOUR, F.; KARIMI, M.; DAVOODI, M., G. (2013) Evaluation of *Lepidium sativum* seed and guar gum to improve dough rheology and quality parameters in composite rice–wheat bread. *Food Hydrocolloids*. vol. 30, issue 2, s. 698-703. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2012.08.013.
- 56 SCIARINI, L., S.; RIBOTTA, P., D.; LEÓN, A., E.; PÉREZ, G., T. (2010) Effect of hydrocolloids on gluten-free batter properties and bread quality. *International Journal of Food Science & Technology*. vol. 45, issue 11, s. 2306-2312. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2010.02407.x.
- 57 SCIARINI, L., S.; RIBOTTA, P., D.; LEÓN, A., E.; PÉREZ, G., T. (2010) Effect of hydrocolloids on gluten-free batter properties and bread quality. *International Journal of Food Science & Technology*. vol. 45, issue 11, s. 2306-2312. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2010.02407.x.
- 58 SELOMULYO, V., O.; ZHOU W. (2007) Frozen bread dough: Effects of freezing storage and dough improvers. *Journal of Cereal Science*., vol. 45, issue 1, s. 1-17. DOI: 10.1016/j.jcs.2006.10.003.
- 59 SHARADANANT, R.; KHAN, K. (2003) Effect of Hydrophilic Gums on Frozen Dough. I. Dough Quality. *Cereal Chemistry*., vol. 80, issue 6, s. 764-772. DOI: 10.1094/cchem.2003.80.6.764.
- 60 SHEWRY, P.R; TATHAM, A., S. (1997) Disulphide Bonds in Wheat Gluten Proteins. *Journal of Cereal Science* [online]. 1997, vol. 25, issue 3, s. 207-227. DOI: 10.1006/jcres.1996.0100
- 61 SCHOBER, T., J.; MESSERSCHMIDT, M.; BEAN, S., R.; PARK, S.-H.; ARENDT, E., K. (2005) Gluten-Free Bread from Sorghum: Quality Differences Among

- Hybrids. *Cereal Chemistry Journal* . vol. 82, issue 4, s. 394-404. DOI: 10.1094/CC-82-0394.
- 62 SKALICKÝ, J. (2009) Zařízení a technologie pro chlazení, mražení a expedici výrobků. *Pekař cukrář*, vol. 19, issue 9, s. 17-19. ISSN 1213-2403
- 63 SKALICKÝ, J. (2012) Zařízení pro řízené kynutí, pečení a zmrazování. *Pekař cukrář*, vol. 22, issue 8, s. 27-28. ISSN 1213-2403
- 64 TORBICA, A.; HADNAĐEV, M.; DAPČEVIĆ, T. (2010) Rheological, textural and sensory properties of gluten-free bread formulations based on rice and buckwheat flour. *Food Hydrocolloids*, vol. 24, issue 6-7, s. 626-632. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2010.03.004.
- 65 VULICEVIC, I. R; ABDEL-AAL, E-S.; M; MITTAL, G.; LU, S. X. (2004) Quality and storage life of par-baked frozen breads. *LWT - Food Science and Technology*., vol. 37, issue 2, s. 205-213. DOI: 10.1016/j.lwt.2003.07.006.
- 66 WANG, P.; TAO, H.; WU, F.; YANG, N.; CHEN, F.; JIN, Z.; XU, X. (2014), Effect of frozen storage on the foaming properties of wheat gliadin. *Food Chemistry*. vol. 164, s. 44-49. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.05.010.
- 67 WIESER, H. (2007) Chemistry of gluten proteins. *Food Microbiology*. vol. 24, issue 2, s. 115-119. DOI: 10.1016/j.fm.2006.07.004.
- 68 YI, J.; KERR, W. L. (2009) Combined effects of freezing rate, storage temperature and time on bread dough and baking properties. *LWT - Food Science and Technology*, vol. 42, issue 9, s. 1474-1483. DOI: 10.1016/j.lwt.2009.05.017. ISSN 00236438.
- 69 ZAID, D.; ABANG, N.; CHIN, N. L.; YUSOF, Y., A. (2010) A Review on Rheological Properties and Measurements of Dough and Gluten. *Journal of Applied Sciences*, vol. 10, issue 20, s. 2478-2490. DOI: 10.3923/jas.2010.2478.2490.

8. SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1: Struktura tvorby ledových krystalů (Herausgeber, 1993)</i>	<i>8</i>
<i>Obr. 2: Závislost napětí amarantového těsta na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídavky vody do těsta</i>	<i>22</i>
<i>Obr. 3: Závislost Odporu amarantového těsta k tažení na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídavky vody do těsta</i>	<i>22</i>
<i>Obr. 4: Závislost Tažnosti amarantového těsta na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídavky vody do těsta</i>	<i>23</i>
<i>Obr. 5: Závislost napětí cizrnového těsta na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídavky vody do těsta</i>	<i>24</i>
<i>Obr. 6: Závislost Odporu cizrnového těsta k tažení na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídavky vody do těsta</i>	<i>24</i>
<i>Obr. 7: Závislost Tažnosti cizrnového těsta na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídavky vody do těsta</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 8: Závislost napětí pohankového těsta na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídavky vody do těsta</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 9: Závislost Odporu pohankového těsta k tažení na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídavky vody do těsta</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 10: Závislost Tažnosti pohankového těsta na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídavky vody do těsta</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 11: Závislost specifického objemu amarantového pečiva na jednotlivých formách vzorků: T: pečivo ze zmrazeného těsta; P: pečivo ze zmrazeného polotovaru; S: standard (čerstvě upečené pečivo); 65-75: procentuální přídavky vody do těsta</i>	<i>28</i>
<i>Obr. 12: Závislost specifického objemu cizrnového pečiva na jednotlivých formách vzorků: T: pečivo ze zmrazeného těsta; P: pečivo ze zmrazeného polotovaru; S: standard (čerstvě upečené pečivo); 65-75: procentuální přídavky vody do těsta</i>	<i>29</i>
<i>Obr. 13: Závislost specifického objemu pohankového pečiva na jednotlivých formách vzorků: T: pečivo ze zmrazeného těsta; P: pečivo ze zmrazeného polotovaru; S: standard (čerstvě upečené pečivo); 65-75: procentuální přídavky vody do těsta</i>	<i>29</i>
<i>Obr. 14: Závislost tvrdosti amarantového pečiva na jednotlivých formách vzorků: T: pečivo ze zmrazeného těsta; P: pečivo ze zmrazeného polotovaru; S: standard (čerstvě upečené pečivo); 65-75: procentuální přídavky vody do těsta</i>	<i>30</i>
<i>Obr. 15: Závislost kohezivnosti amarantového pečiva na jednotlivých formách vzorků: T: pečivo ze zmrazeného těsta; P: pečivo ze zmrazeného polotovaru; S: standard (čerstvě upečené pečivo); 65-75: procentuální přídavky vody do těsta</i>	<i>31</i>
<i>Obr. 16: Závislost elasticity amarantového pečiva na jednotlivých formách vzorků: T: pečivo ze zmrazeného těsta; P: pečivo ze zmrazeného polotovaru; S: standard (čerstvě upečené pečivo); 65-75: procentuální přídavky vody do těsta</i>	<i>32</i>
<i>Obr. 17: Závislost tvrdosti cizrnového pečiva na jednotlivých formách vzorků: T: pečivo ze zmrazeného těsta; P: pečivo ze zmrazeného polotovaru; S: standard (čerstvě upečené pečivo); 65-75: procentuální přídavky vody do těsta</i>	<i>33</i>

<i>Obr. 18: Závislost kohezivnosti cizrnového pečiva na jednotlivých formách vzorků: T: pečivo ze zmrazeného těsta; P: pečivo ze zmrazeného polotovaru; S: standard (čerstvě upečené pečivo); 65-75: procentuální přídavky vody do těsta</i>	<i>33</i>
<i>Obr. 19: Závislost elasticity cizrnového pečiva na jednotlivých formách vzorků: T: pečivo ze zmrazeného těsta; P: pečivo ze zmrazeného polotovaru; S: standard (čerstvě upečené pečivo); 65-75: procentuální přídavky vody do těsta</i>	<i>34</i>
<i>Obr. 20: Závislost tvrdosti pohankového pečiva na jednotlivých formách vzorků: T: pečivo ze zmrazeného těsta; P: pečivo ze zmrazeného polotovaru; S: standard (čerstvě upečené pečivo); 65-75: procentuální přídavky vody do těsta</i>	<i>35</i>
<i>Obr. 21: Závislost kohezivnosti pohankového pečiva na jednotlivých formách vzorků: T: pečivo ze zmrazeného těsta; P: pečivo ze zmrazeného polotovaru; S: standard (čerstvě upečené pečivo); 65-75: procentuální přídavky vody do těsta</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 22: Závislost elasticity pohankového pečiva na jednotlivých formách vzorků: T: pečivo ze zmrazeného těsta; P: pečivo ze zmrazeného polotovaru; S: standard (čerstvě upečené pečivo); 65-75: procentuální přídavky vody do těsta</i>	<i>36</i>

9. SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1: Recepturní složky pro přípravu vzorků těsta k tahové zkoušce v % vztažených na hmotnost mouky.....</i>	<i>22</i>
<i>Tab. 2: Recepturní složky pekařského pokusu 1. receptury v % vztažených na hmotnost mouky</i>	<i>23</i>
<i>Tab. 3: Recepturní složky pekařského pokusu 2. receptury v % vztažených na hmotnost mouky</i>	<i>24</i>
<i>Tab. 4: Průměrné hodnoty sensorické analýzy amarantového pečiva</i>	<i>60</i>
<i>Tab. 5: Průměrné hodnoty sensorické analýzy cizrnového pečiva.....</i>	<i>61</i>
<i>Tab. 5: Průměrné hodnoty sensorické analýzy pohankového pečiva</i>	<i>62</i>

10. SEZNAM PUBLIKACÍ AUTORA

Příspěvky v impaktovaných časopisech

BUREŠOVÁ, Iva; **MASAŘÍKOVÁ, Lucie**; HRIVNA, Luděk; KULHANOVÁ, Soňa; BUREŠ, David. The Comparison of the Effect of Sodium Caseinate, Calcium Caseinate, Carboxymethyl Cellulose and Xanthan Gum on Rice-buckwheat Dough Rheological Characteristics and Textural and Sensory Quality of Bread. LWT - Food Science and Technology. 2016, Doi:10.1016/j.lwt.2016.01.010, ISSN: 0023-6438.

BUREŠOVÁ, Iva, Richardos Nikolaos SALEK, Erika VARGA, **Lucie MASAŘÍKOVÁ** a David BUREŠ. The effect of Chios mastic gum addition on the characteristics of rice dough and bread. LWT - Food Science and Technology. 2017, 81, 299-305, Doi: 10.1016/j.lwt.2017.04.010, ISSN 0023-6438.

Příspěvky z konferencí

MASAŘÍKOVÁ, Lucie, KULHANOVÁ, Soňa, DVOŘÁK, Marek, BUREŠOVÁ, Iva: Senzorická kvalita biologicky kypřeného bezlepkového pečiva. In XVI. Konference mladých vědeckých pracovníků s mezinárodní účastí, Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 2014

MASAŘÍKOVÁ, Lucie, KULHANOVÁ, Soňa, BUREŠOVÁ, Iva: The Effect of Deep Freezing on Loaf Specific Volume of Buckwheat Bread. In 1st Meeting of Young Researchers from V4 Countries, University of Rzeszow, 2016

Ostatní publikační činnost

BUREŠOVÁ, Iva, LORENCOVÁ, Eva, DVOŘÁK, Marek, KULHANOVÁ, Soňa, **MASAŘÍKOVÁ, Lucie**: Výroba potravin rostlinného původu: návody do cvičení I. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2014, 98 s. ISBN 978-80-7454-331-9.

BUREŠOVÁ, Iva, LORENCOVÁ, Eva, DVOŘÁK, Marek, KULHANOVÁ, Soňa, **MASAŘÍKOVÁ, Lucie**: Výroba potravin rostlinného původu: návody do cvičení II. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2014, 94 s, ISBN 978-80-7454-332-6.

11. CURRICULUM VITAE

OSOBNÍ ÚDAJE

Jméno a příjmení: Ing. Lucie Pernikářová, Ph.D. (rozená Masaříková)
Datum narození: 15. 9. 1988
Adresa: Bohuslavice u Zlína 259, 763 51
E-mail: lucie.masarikova@seznam.cz

VZDĚLÁNÍ

2013 – dosud **UTB ve Zlíně, Fakulta technologická**
doktorské studium; obor Technologie potravin
2011 – 2013 **UTB ve Zlíně, Fakulta technologická**
navazující magisterské studium; obor Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin
2008 – 2011 **UTB ve Zlíně, Fakulta technologická**
bakalářské studium; obor Chemie a technologie potravin
2004 – 2008 **Gymnázium a Jazyková škola s právem státní jazykové zkoušky Zlín**

ZAMĚSTNÁNÍ

2020 – dosud rodičovská dovolená
2016 – 2019 **Ireks Enzyma, s.r.o., Brno**
technolog vývoje

ŘEŠENÉ PROJEKTY

2016 IGA/FT/2016/003 (člen řešitelského týmu) – Aplikace přídatných a jiných funkčních látek během výroby vybraných potravin
2015 IP projekt FT12B/2015 (člen řešitelského týmu) – Inovace cvičení výroby bezlepkového pečiva
2015 IGA/FT/2015/004 (člen řešitelského týmu) – Studium funkce vybraných přídatných a biologicky aktivních látek v potravinách
2014 IGA/FT/2014/001 (člen řešitelského týmu) – Aplikace fosforečnanu a hydrokoloidů do vybraných potravin

JAZYKOVÉ ZNALOSTI

Anglický jazyk Upper-Intermediate (B2)
Francouzský jazyk Pre-Intermediate (A2)

OSTATNÍ DOVEDNOSTI

Práce s PC OS Windows, MS Office, TextureLite, Rheo Win Job Manager, Mixolab Chopin 4.07,

Práce s přístroji TA.XT Plus (Stable Micro Systems, UK), Reometr HAAKE
RheoStress 1 (Termo Scientific, ČR), Mixolab Chopin (FR),
Elektronický přístroj k měření vlhkosti KERN DLB_A (GE),
Granulometr laser Malvern M2000

CERTIFIKÁTY

Školení Interní auditor systému kritických bodů (HACCP)

Školení Interní auditor systému řízení kvality dle standardu ISO 9001

Školení Požadavky normy IFS Food, verze 6

Úvod do degustace vína, Národní vinařské centrum, Valtice, ČR

Ing. Lucie Pernikářová, Ph.D.

**Zlepšení kvality a prodloužení trvanlivosti pečiva vyrobeného ze
zmrazeného polotovaru**

Improving the quality and extending the shelf life of frozen semi-finished
bakery products

Teze disertační práce

Vydala Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
nám. T. G. Masaryka 5555, 760 01 Zlín

Náklad: vyšlo elektronicky

Sazba: Lucie Pernikářová

Publikace neprošla jazykovou ani redakční úpravou.

Rok vydání 2021

Pořadí vydání: první

ISBN 978-80-7454-979-3

