

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**

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

Školitel: doc. RNDr. Iva Burešová, Ph.D.

Zlín, 2020

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*

Práce je dostupná v Knihovně UTB ve Zlíně.

OBSAH

ABSTRAKT	5
ABSTRACT	6
1. SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	7
1.1 Charakteristika pečiva	7
1.2 Bezlepkové pečivo	8
1.3 Průmyslové zmrazování	9
1.4 Negativní dopad mrazení na vlastnosti těsta a pečiva	14
1.4.1 Hydrokoloidy	16
1.4.2 Úprava receptury pro zmrazování	17
1.5 Metody testování vlastností těsta	17
1.5.1 Tahová zkouška	18
1.5.2 Texturní profilová analýza	19
2. CÍLE PRÁCE	21
3. MATERIÁL A METODY	22
3.1 Použitý materiál	22
3.2 Metodika práce	22
3.2.1 Tahová zkouška	22
3.2.2 Výroba pečiva	23
3.2.3 Specifický objem	25
3.2.4 Texturní profilová analýza	26
3.2.5 Senzorická analýza	26
3.2.6 Statistické zpracování dat	26
4. VÝSLEDKY A DISKUZE	27
4.1 Tahová zkouška	27
4.1.1 Amarantové těsto	28
4.1.2 Cizrnové těsto	33
4.1.3 Pohankové těsto	37
4.2 Specifický objem	42
4.2.1 Amarantové pečivo	44
4.2.2 Cizrnové pečivo	45
4.2.3 Pohankové pečivo	46
4.3 Texturní profilová analýza	47
4.3.1 Amarantové pečivo	47
4.3.2 Cizrnové pečivo	51
4.3.3 Pohankové pečivo	54
4.4 Senzorická analýza	58
4.5 Diskuze	63
5. PŘÍNOS PRÁCE PRO VĚDU A PRAXI	65
6. ZÁVĚR	66
7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	68
8. SEZNAM OBRÁZKŮ	76

9. SEZNAM TABULEK	80
10. SEZNAM PUBLIKACÍ AUTORA	81
11. CURRICULUM VITAE.....	83
Příloha A: Výsledky extenzografických vlastností	85
Příloha B: Výsledky specifického objemu	88
Příloha C: Výsledky texturní analýzy	91
Příloha D: Dotazník sensorické analýzy	97

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 podrobena 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

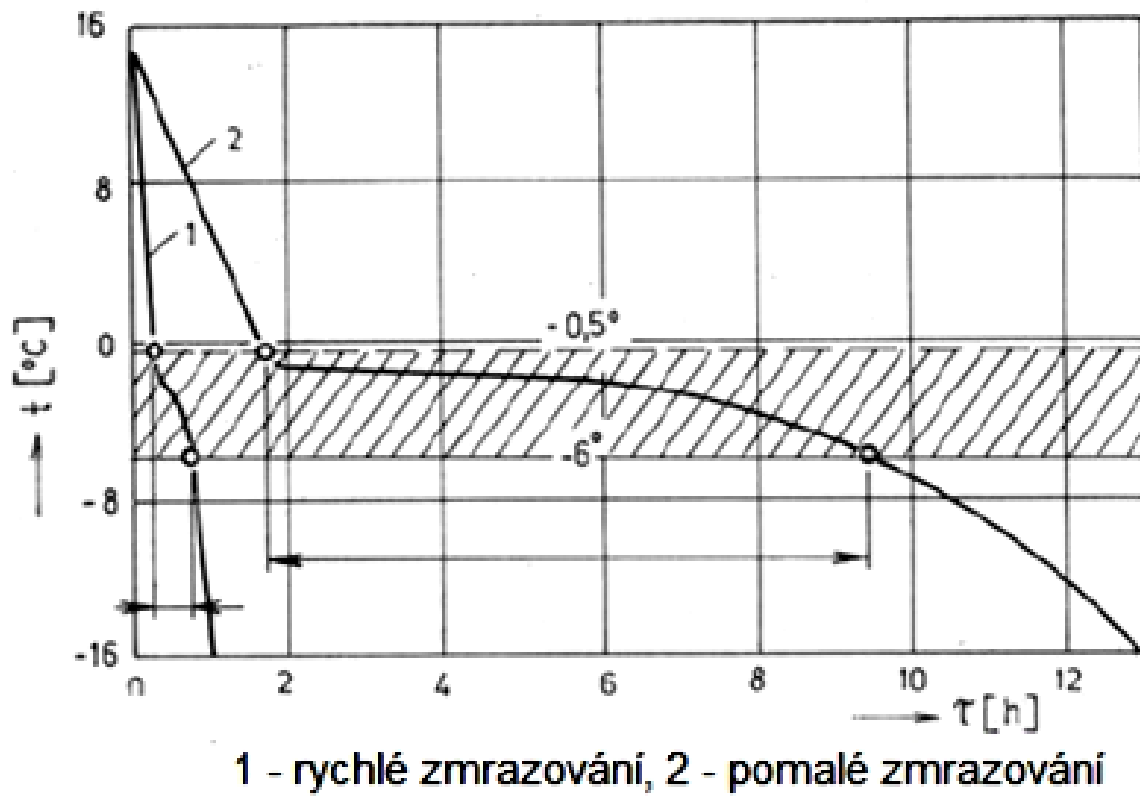
Potraviny pro osoby s nesnášenlivostí lepku, jež sestávají z jedné nebo více složek vyrobených z pšenice, žita, ječmene, ovsa nebo jejich kříženců, které byly speciálně zpracovány tak, aby v nich byl snížen obsah lepku, nebo tyto složky obsahují, nesmí obsahovat více než 100 mg/kg lepku v potravině ve stavu, v němž je prodávána konečnému spotřebiteli. Tyto potraviny se označují výrazem výrobky s „velmi nízkým obsahem lepku“. Jestliže obsah lepku v potravině 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, ovsa 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

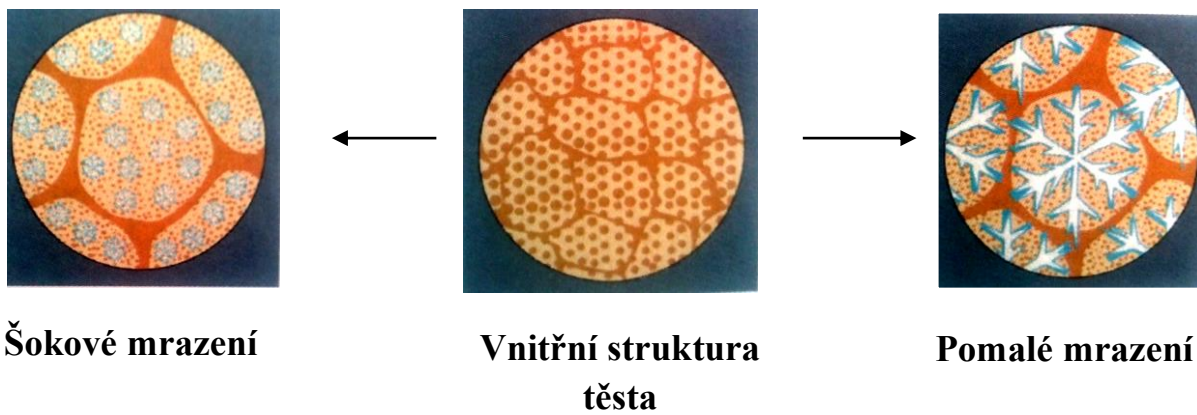
hydratovat ve studené vodě a vytvářet viskózní roztok (Hager a Arendt, 2013). Podle Sciarini et al., 2010 přídavek xantanové gumy způsobil zlepšení kvality bezlepkových chlebů, především zvýšil objem pečiva a snížil tvrdost střídy. Rýžová mouka je preferována kvůli své barvě (neutrální bezbarvá), nutričním 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 přídavkem 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 (obr. 1). 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 (obráz. 2) (Příhoda et al., 2003).

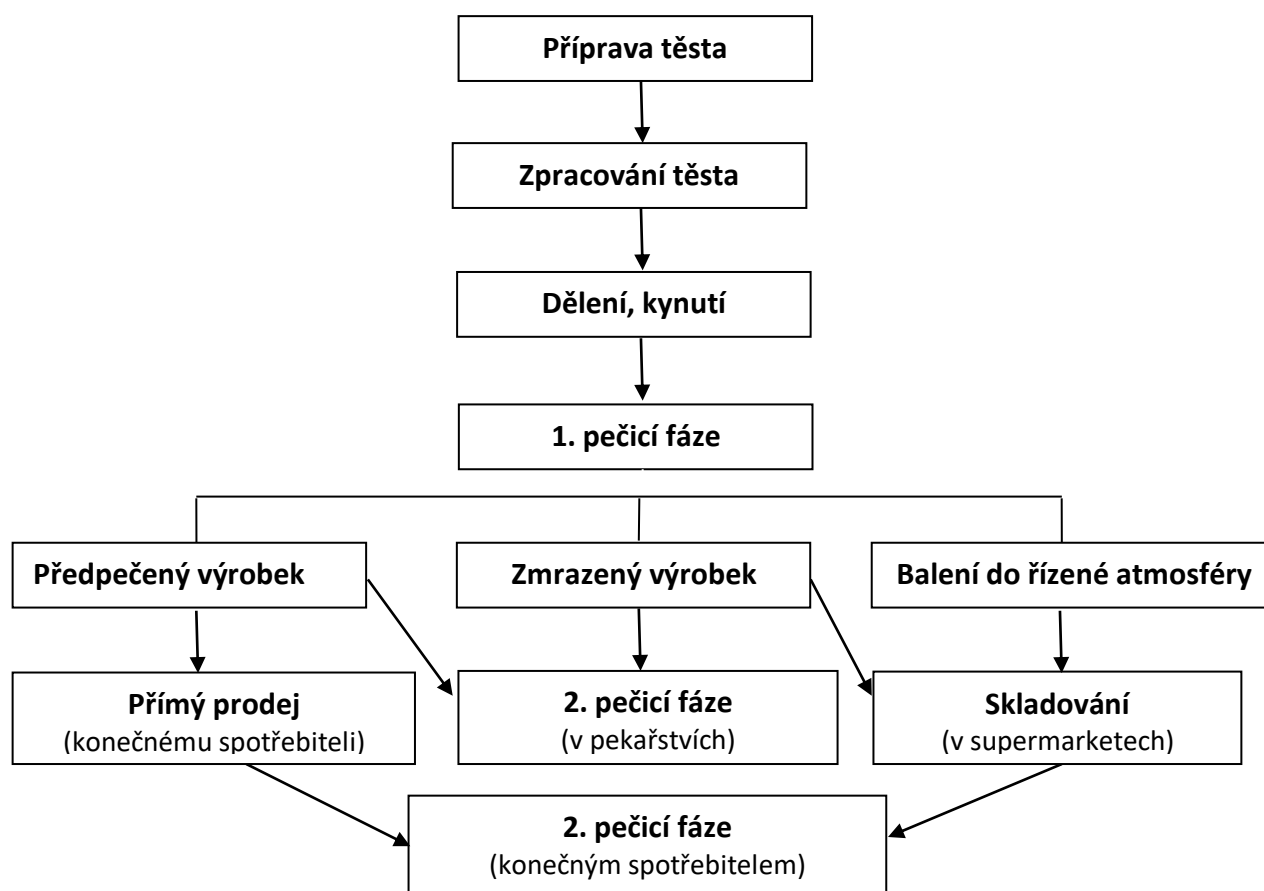


Obr. 1: Grafický průběh rychlosti zmrazování potravin (Kyzlink, 1990)



Obr. 2: Struktura tvorby ledových krystalů (Herausgeber, 1993)

Technologické postupy výroby zmrazovaných těst a předpečených polotovarů jsou většinou stejné jako u běžných pekárenských výrobků (viz obr. 3).



Obr. 3: Schema výroby předpečených pekařských 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 (Bárceñas et al., 2004; Příhoda et al., 2003).

V pekárenském průmyslu mohou být používané 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). Kapalný dusík má pro zmrazování výrobků teplotu -43 až -54 °C a aplikuje se na výrobky rozprašováním. Při skupenském přechodu z kapalně 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 střídy $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$. 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 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, 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 $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Zmrazená těsta a předpečené polotovary se skladují při teplotách $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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 $38\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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 kapalně 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 redukujícími 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 redukčními 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 přidávkou 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 nás 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 přidávkou 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; Sahraiyen 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

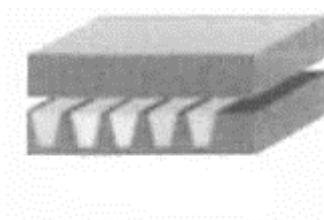
Reologické zkoušky ukazují jednotlivé vlastnosti těsta a jeho chování při působení vnějšího namáhání. Díky reologii získáme například informace o stabilitě těsta, vaznosti vody, viskozitě, elasticitě, pevnosti lepkové sítě (Zaid et al., 2010). Nejvhodnější způsob a metodika zjišťování reologických vlastností 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 texturometr. 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

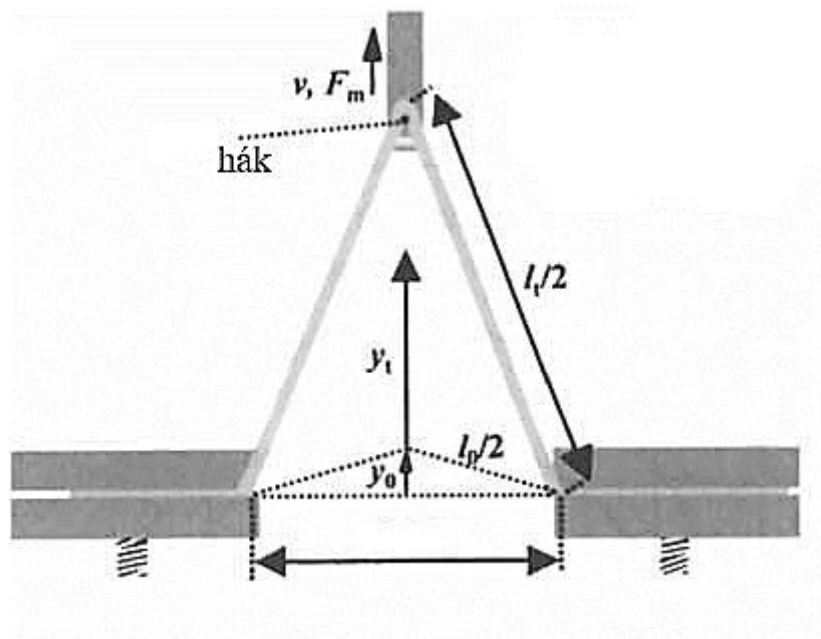
zvolena z důvodu dostupnosti čerstvě rozpečeného bezlepkového pečiva v průběhu celého dne jako je tomu u pšeničného pečiva.

1.5.1 Tahová zkouška

Jedna z používaných tahových zkoušek je namáhání tahem pomocí SMS/Kieffer extensibility rig. Jedná se o zmenšenou verzi Brabenderova extenzografu. Výhodou SMS/Kieffer extensibility rig je, že se při měření používají menší kousky těsta než u extenzografu. Během tahového namáhání podléhá měřený materiál velkým deformacím s následným přetržením vzorku. Vzorek těsta se nejdříve vytvaruje v teflonové formě do požadovaného tvaru lichoběžníkového průřezu $3 \text{ mm} \times 5 \text{ mm} \times 4 \text{ mm}$ o délce 5 cm (obr. 4). Následně se vytvarovaný vzorek umístí na držák, který se vloží do měřicího zařízení a těsto je tudíž přichyceno mezi dvěma destičkami. Rozdíl oproti klasické materiálové tahové zkoušce je, že se vzorek měří v horizontální poloze z důvodu konzistence těsta. Po umístění vzorku se měřicí hák o průměru 1,2 mm pohybuje ke vzorku rychlostí $3,0 \text{ mm.s}^{-1}$ a začne těsto natahovat. Před stykem měřicího háku se vzorkem dochází vlivem gravitační síly k ohnutí a prodloužení těsta, a proto místo, ve kterém se hák dotkne těsta, neleží ve středu měřicího zařízení. Tato skutečnost nemá vliv na vyhodnocení získaných výsledků. Na obrázku 5 je znázorněno, že vzorek těsta se před samotným měřením prohne směrem dolů a hák musí urazit vzdálenost y_0 . Počáteční délka testovaného vzorku je l_0 a délka l_t je délka měřeného těsta v čase t , která se pohybem háku prodlužuje a platí vztah $l_t > l_0$. V průběhu měření se zaznamenává vzdálenost háku y_t v čase t a síla F_m , která je potřebná k natažení vzorku (Dunnwind et al., 2003; Kindelshire et al., 2015).



Obr. 4: Vzorek těsta umístěný do teflonové formy (Dunnwind et al., 2003)



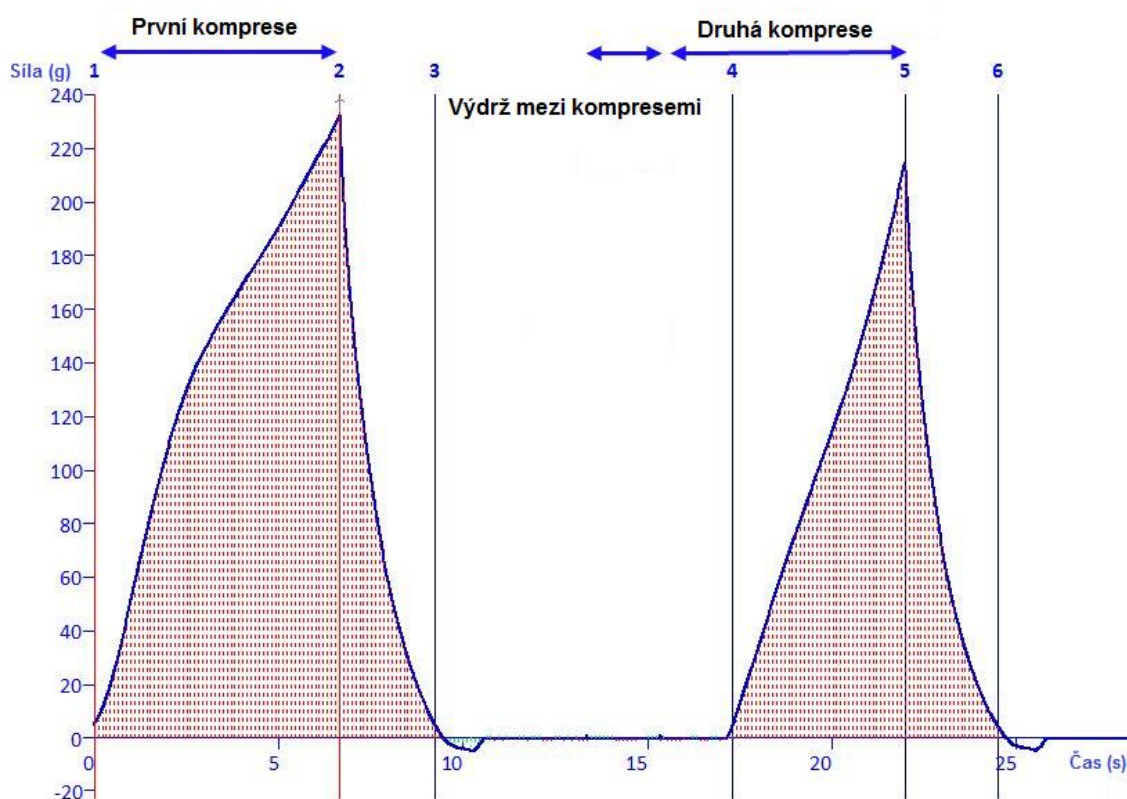
Obr. 5: Schéma tahové deformace těsta (Dunnewind et al., 2003)

Z tahové zkoušky získáme hodnoty maximálního napětí σ , Henckeho deformace ε a elongační viskozity η_E . Z grafu tahové zkoušky je také zjišťována tažnost těsta E , což je základní ukazatel kvality těsta a jedná se o délku křivky. Odpor k tažení R , který je odečten v maximu naměřené křivky. Plocha pod tahovou křivkou A , neboli extenzografická energie.

1.5.2 Texturní profilová analýza

Texturní profilová analýza (TPA) je instrumentální metoda, která byla vyvinuta v General Foods Corporation Technical Centre v roce 1963, aby poskytla objektivní měření texturních vlastností potravin, jakožto hlavních faktorů potravinové přijatelnosti. TPA je test, který dvojitou kompresí napodobuje děj žvýkání sousta v lidských ústech. Předpokládá se, že takový test by měl pracovat stejnou rychlostí jako pohyb lidské čelisti (Rosenthal, 2010). Základní nástroj pro analýzu texturního pohybu je deformace potravin pomocí sondy a jejího pohybu, který je podobný pohybu lidské čelisti. Píst se dotýká potraviny koncovou oblastí a jsou vykonány dva cyklicky opakující se záběry, kdy píst stlačuje potravinu. Tato dvě stlačení vyjadřují dvě po sobě následující kousnutí. Průběh zkoušky se zaznamenává ve formě grafu závislosti síly na čase (obr. 6).

Pomocí texturní profilové analýzy je měřena tvrdost, elasticita, soudržnost a žvýkatelnost. Tyto parametry jsou podle normy ČSN ISO 11036 definovány následovně: Tvrdost je síla potřebná k dosažení deformace výrobku; elasticita je rychlost návratu jako deformace, při níž dochází k rozpadu testované látky; soudržnost je deformace, při které dochází k rozpadu testované látky; žvýkatelnost je vztažena k soudržnosti a časové délce nebo počtu žvýknutí potřebných k rozmělnění tuhého výrobku do stavu vhodného k polknutí; (ČSN ISO 11036, 1997). Výhodou TPA je, že díky jednomu měření získáme ucelené faktory o textuře zkoumaného vzorku.



Obr. 6: Grafické znázornění TPA (Rosenthal, 2010)

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 , Henckyho 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% přísad xantanové gumy (vztaženo na hmotnost mouky) (Hager a Arendt, 2013; SCIARINI et al., 2010), a proto byl zvolen do receptury č. 2 1% přísad 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 $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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 $180 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

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 $35 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ a relativní vlhkosti 85 % (Kynárna MIWE CBPR 750, Německo). Těsto bylo pečeno v zapařené peci po dobu 5 ± 1 min při $180 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (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 $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ po dobu 5 ± 1 min. Takto zmrazené předpeky byly uzavřeny do polyetylenových zip sáčků a skladovány při $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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 $180 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

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:

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

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 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. Senzorický dotazník je přiložen v Příloze D.

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, deformace a elongační viskozity než těsta po zmrazení. U všech bezlepkových těst platilo, že před zmrazením byl odpor k tažení průkazně vyšší než po zmrazení. Práce potřebná k přetržení těsta byla vždy průkazně vyšší u těst, která nepodlehla zmrazení.

Při použití receptury 2 u všech bezlepkových těst platilo, že před zmrazením byl odpor k tažení, tažnost i práce potřebná k přetržení těsta průkazně nižší než u těst po zamrazení.

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

Z výsledků tahové zkoušky bylo zjištěno, že amarantová těsta byla roztržena při maximálních hodnotách napětí σ (2,2 – 16,4 kPa) (obr. 7), cizrnová těsta byla roztržena při nižších hodnotách napětí (3,3 – 6,5 kPa) (obr. 14) a pohankové těsto při 2,2 – 8,1 kPa (obr. 21). Nejvyšší odpor k tažení R měly vzorky amarantového těsta (0,13 – 0,41 N) (obr. 10), nižší odpor k tažení měla cizrnová (0,08 – 0,21 N) (obr. 17) a pohanková těsta (0,09 – 0,22 N) (obr. 24). Nejvyšší práce musela být vynaložena k deformaci a přetržení A amarantového těsta (0,24 – 1,45 N.mm) (obr. 11), nižší hodnoty A měla cizrnová (0,07 – 1 N.mm) (obr. 18) a pohanková těsta (0,13 – 0,89 N.mm) (obr. 25). Nejvyšší hodnoty tažnosti E měla cizrnová (13,8 – 20,4 mm) (obr. 19) a pohanková těsta (16,1 – 20,5 mm) (obr. 26), nižší hodnoty byly naměřeny u amarantových těst (14,5 – 17,7 mm) (obr. 12). Poměrové číslo R/E popisuje rovnováhu mezi

elasticitou a tažností těst – čím jsou hodnoty R/E vyšší, tak jsou těsta pevnější a méně tažná. Z těchto výsledků lze vyvodit závěr, že nejodolnější těsto na mechanické namáhání je amarantové těsto (obr. 13). Pozn.: čím jsou hodnoty jednotlivých parametrů vyšší – výsledek je pozitivní (kladný).

U hodnot Henckeho deformace jednotlivých bezlepkových mouk nebyl nalezen statisticky významný rozdíl (obr. 8, 15 a 22).

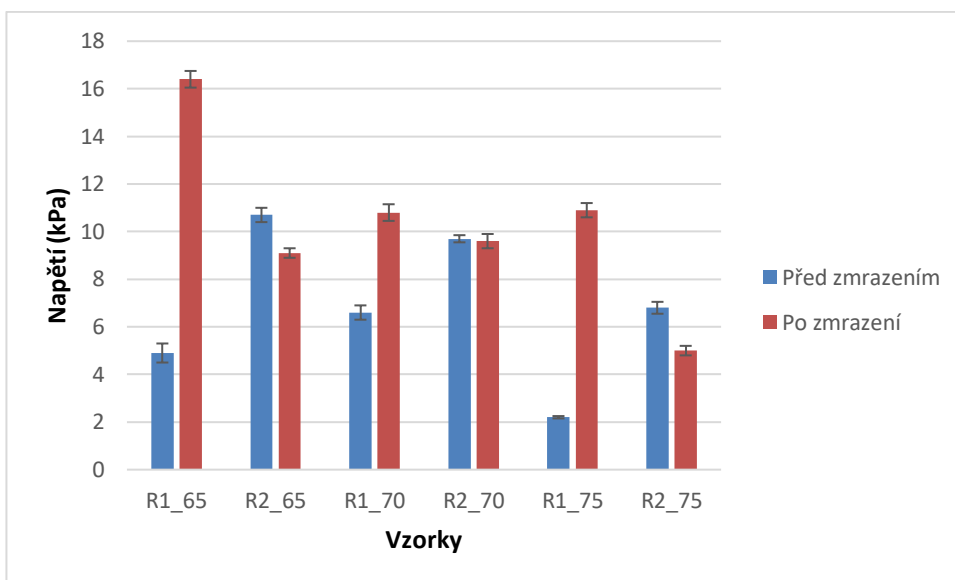
4.1.1 Amarantové těsto

Za použití receptury 1 bylo průkazně nejvyšší napětí na přetržení těsta při 65% přídavku vody a po zmrazení (16,4 kPa); elongační viskozita dosahovala nejvyšších hodnot u amarantového těsta při 65% přídavku vody a po zmrazení ($230 \cdot 10^{-3}$ kPa). Za použití receptury 2 bylo nejvyšší napětí na přetržení těsta při 65% přídavku vody a před zmrazením (10,7 kPa); elongační viskozita dosahovala nejvyšších hodnot u amarantového těsta při 65% přídavku vody a před zmrazením ($140 \cdot 10^{-3}$ kPa).

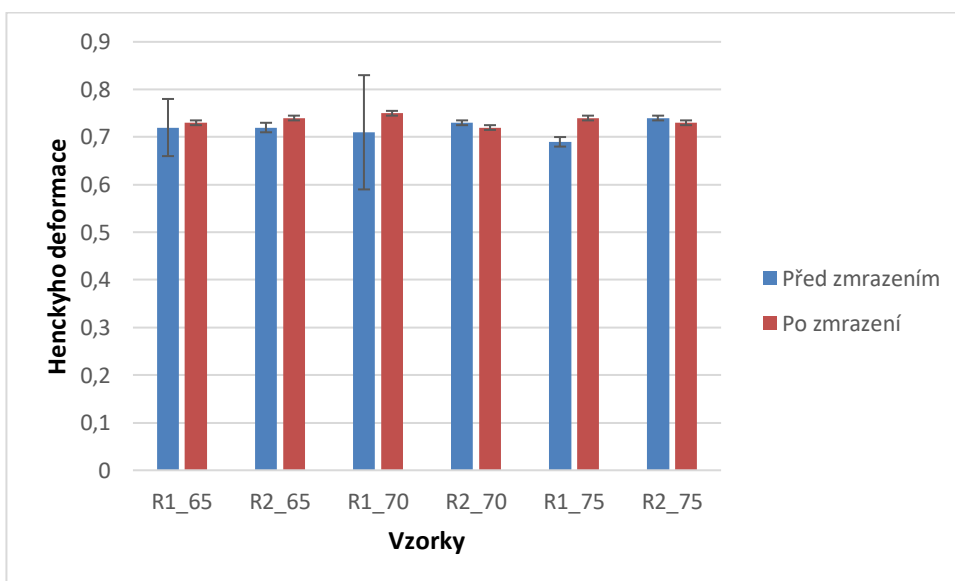
Se zvyšujícím se přídavkem vody se u všech vzorků (rec.1 i 2, před i po zmrazení) hodnoty napětí průkazně snižovaly (obr. 7). Toto tvrzení platí i pro parametry elongační viskozita (obr. 9) a odpor k tažení (obr. 10).

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. 7).

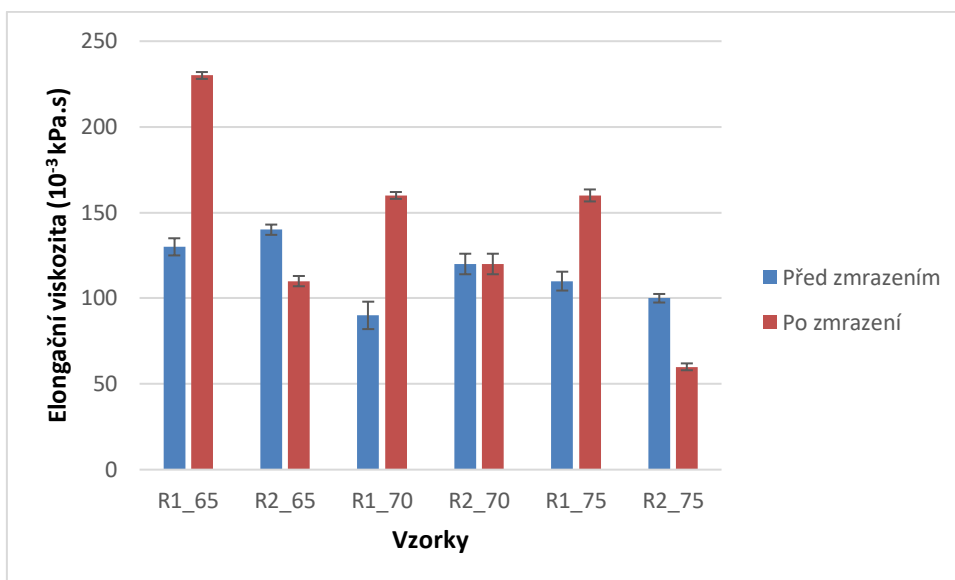
Hodnoty elongační viskozity byly u receptury 2 před zmrazením se 65 a 70% přídavky vody průkazně vyšší než u receptury 1; u 75% přídavku vody byly hodnoty obou receptur bez statisticky významného rozdílu. Po zmrazení byla elongační viskozita všech vzorků receptury 2 průkazně nižší než u receptury 1 (obr. 9).



Obr. 7: 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



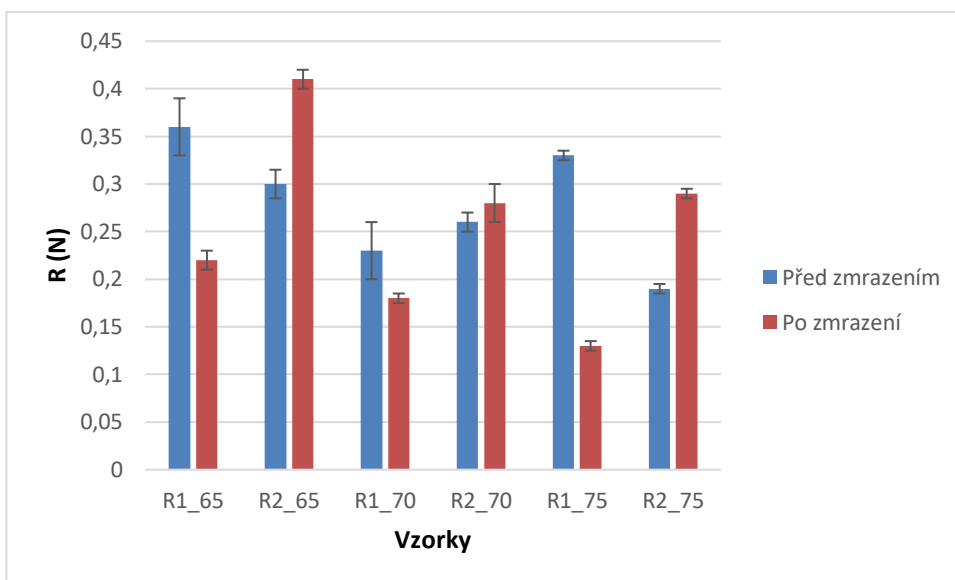
Obr. 8: Závislost Henckeho deformace amarantového těsta na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídavky vody do těsta



Obr. 9: Závislost Elongační viskozity 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

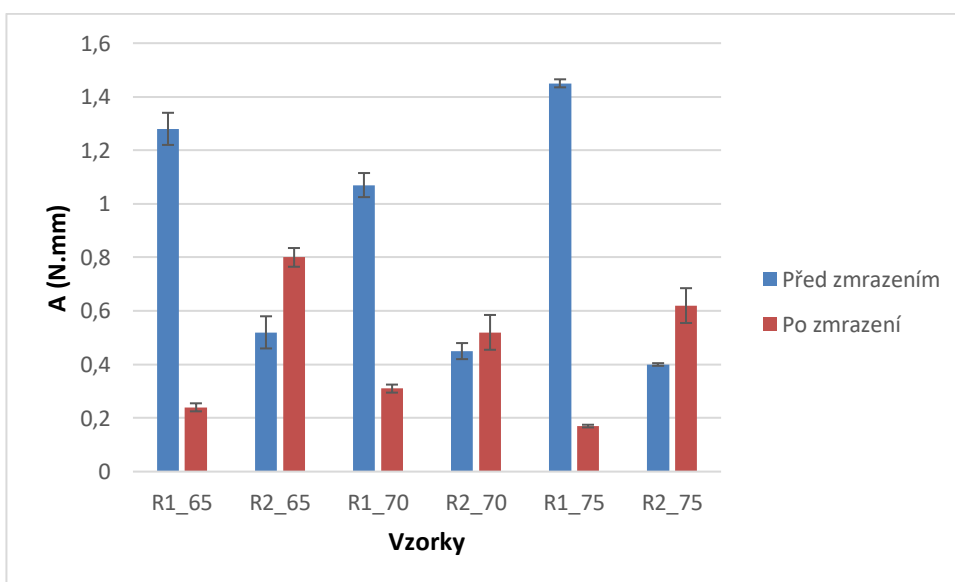
Průkazně nejvyšší odpor k tažení vykázalo amarantové těsto po zmrazení s 65% přídavkem vody a recepturou 1 (0,41 N). Naopak průkazně nejnižší odpor k tažení byl zaznamenán také u receptury 1 a po zmrazení s 75% přídavkem vody (0,13 N) (obr. 10).

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. 10).



Obr. 10: 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

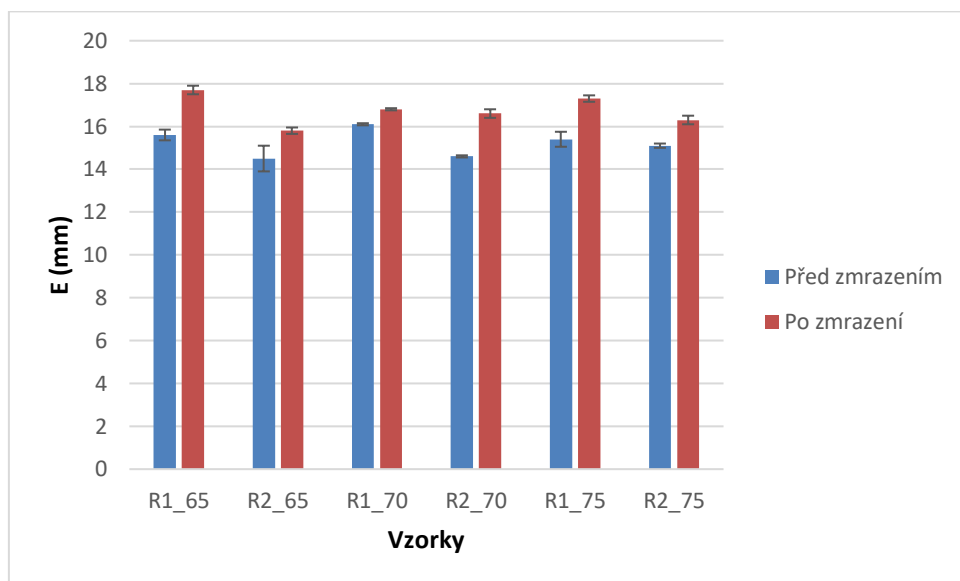
Po srovnání receptur mezi sebou u stejných přídavků vody bylo zjištěno, že hodnoty plochy pod tahovou křivkou receptury 2 byly před zmrazením průkazně nižší než u receptury 1; po zmrazení byly hodnoty receptury 2 průkazně vyšší (obr. 11).



Obr. 11: Závislost Plochy pod tahovou křivkou 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

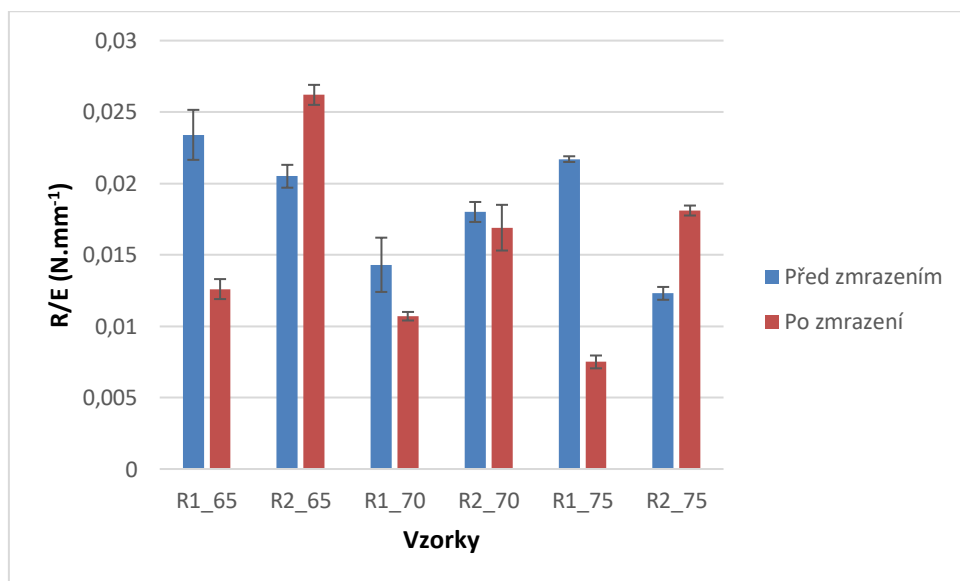
Na tažnost amarantového těsta mělo zásadní vliv zmrazení, jelikož u všech druhů těst byla tažnost průkazně vyšší po zmrazení než před zmrazením.

Po srovnání receptur mezi sebou u stejných přídavek vody bylo zjištěno, že u hodnot tažnosti nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl (obr. 12).



Obr. 12: 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

Po srovnání receptur mezi sebou u stejných přídavek vody bylo poměrové číslo receptury 2 před zmrazením u vzorků se 65 a 75% přídávkem vody průkazně nižší než u receptury 1; u vzorku se 70% přídávkem vody byla hodnota u receptury 2 průkazně vyšší. Hodnoty poměrového čísla po zmrazení byly u receptury 2 u všech vzorků průkazně vyšší (obr. 13).



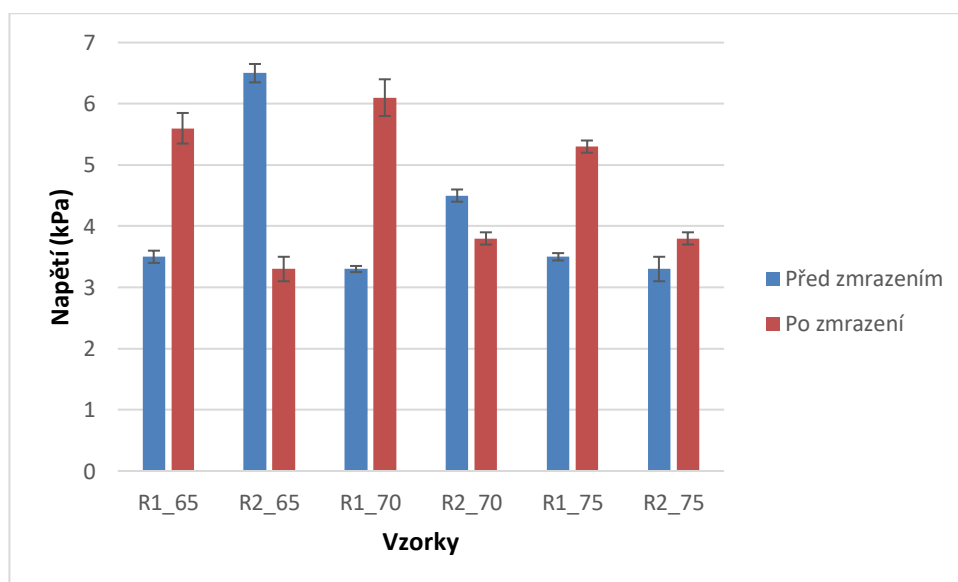
Obr. 13: Závislost Poměrového čísla amarantového těsta na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídávky vody do těsta

4.1.2 Cizrnové těsto

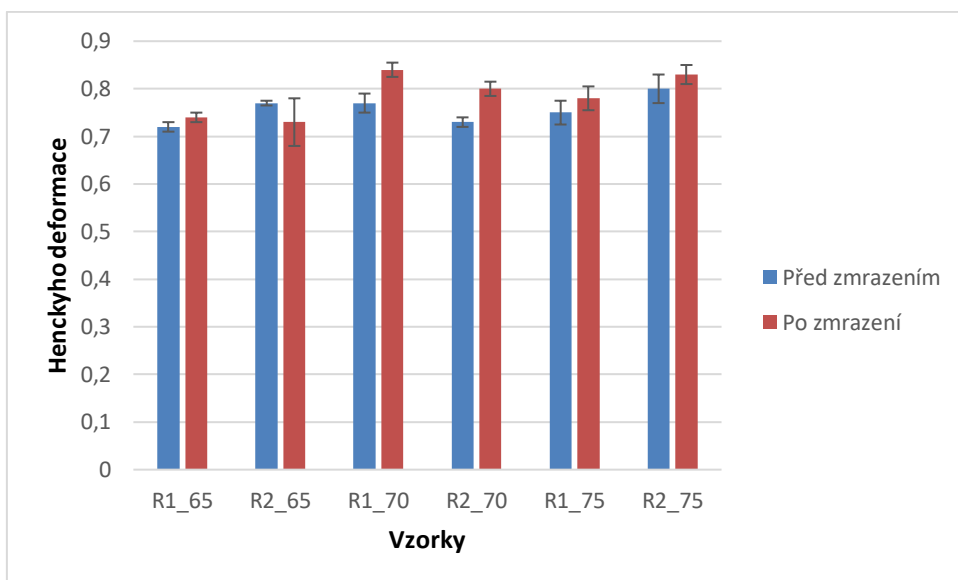
Za použití receptury 1 bylo průkazně nejvyšší napětí na přetržení těsta při 70% přídávku vody a po zmrazení (6,1 kPa); elongační viskozita dosahovala nejvyšších hodnot u cizrnového těsta také při 70% přídávku vody a po zmrazení ($180 \cdot 10^{-3}$ kPa). Za použití receptury 2 bylo průkazně nejvyšší napětí na přetržení těsta u cizrnového těsta při 65% přídávku vody a před zmrazením (6,5 kPa); elongační viskozita dosahovala průkazně nejvyšších hodnot u cizrnového těsta také při 65% přídávku vody a před zmrazením ($120 \cdot 10^{-3}$ kPa).

Se zvyšujícím se přídávkem vody se u všech vzorků (rec.1 i 2, před i po zmrazení) hodnoty elongační viskozity průkazně snižovaly (obr. 16). Toto tvrzení platí i pro parametry odpor k tažení (obr. 17), plocha pod tahovou křivkou (obr. 18) a poměrové číslo (obr. 20). U tažnosti (obr. 19) bylo zjištěno, že s rostoucím přídávkem vody se u všech vzorků hodnoty tažnosti průkazně zvyšovaly.

Po srovnání receptur mezi sebou u stejných přídávků 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. 14).

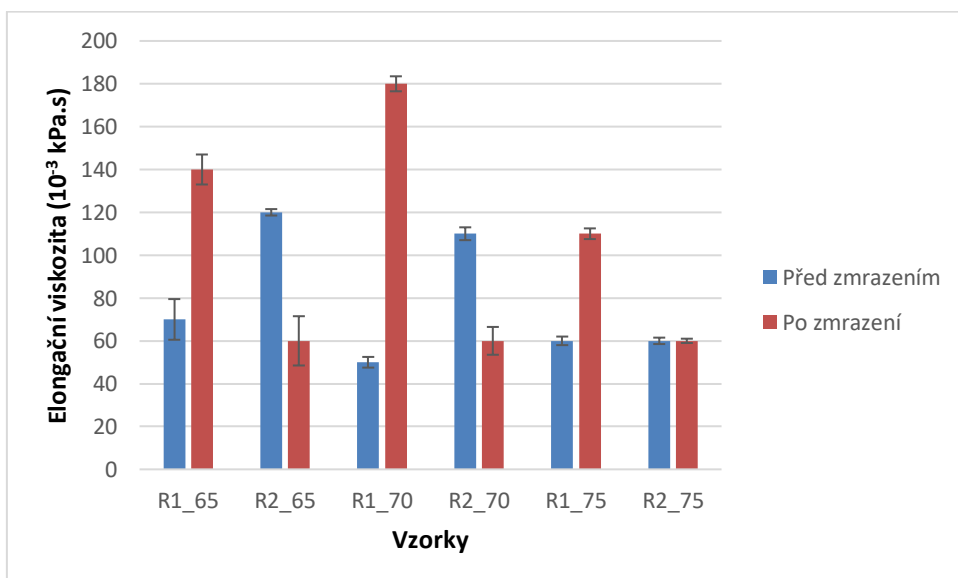


Obr. 14: Závislost napětí cizrnového těsta na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídávky vody do těsta



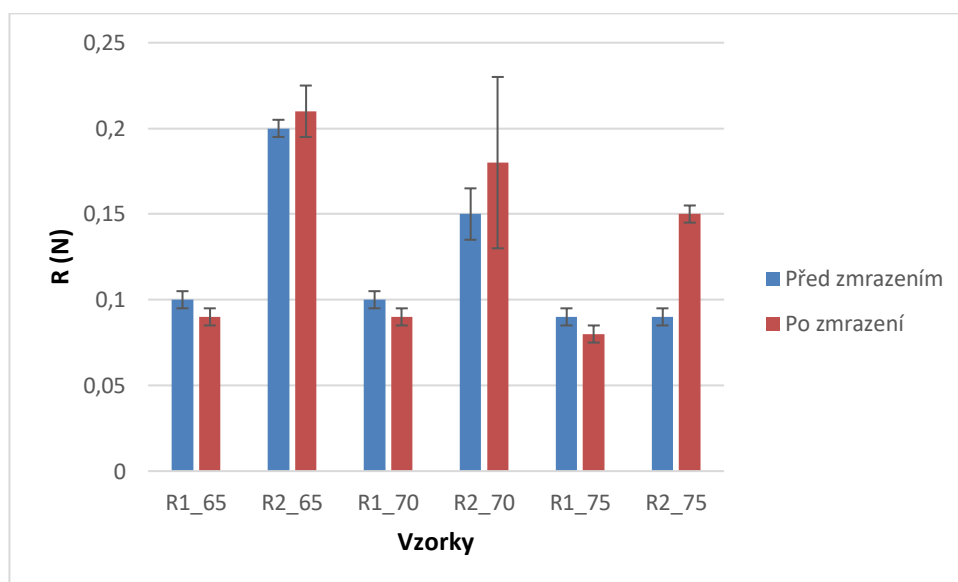
Obr. 15: Závislost Henckyho deformace cizrnového těsta na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídavky vody do těsta

Po srovnání receptur mezi sebou u stejných přídavků vody bylo zjištěno, že před zmrazením elongační viskozita s recepturou 2 s přídavky vody 65 a 70 % byla průkazně vyšší než u vzorků s recepturou 1; u vzorku se 75% přídavkem vody nebyl shledán statisticky významný rozdíl. Hodnoty elongační viskozity po zmrazení byly u všech vzorků s recepturou 2 průkazně nižší než u vzorků s recepturou 1 (obr. 16).



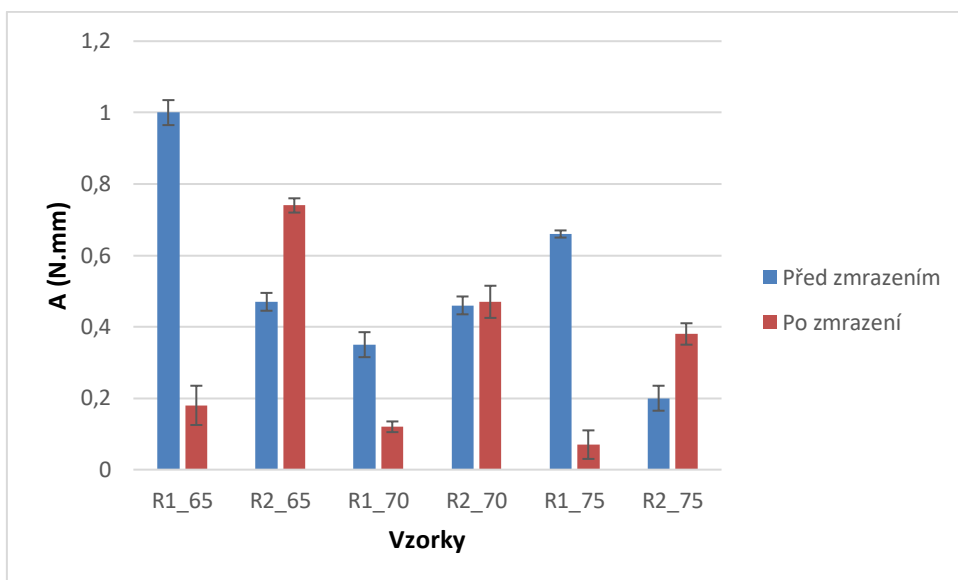
Obr. 16: Závislost Elongační viskozity cizrnového těsta na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídavky vody do těsta

Po srovnání receptur mezi sebou u stejných přídavek vody bylo zjištěno, že hodnoty odporu k tažení u receptury 2 s přídávky vody 65 a 70 % byly před zmrazením průkazně vyšší než u vzorků s recepturou 1; u vzorku se 75% přídávkem 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. 17).



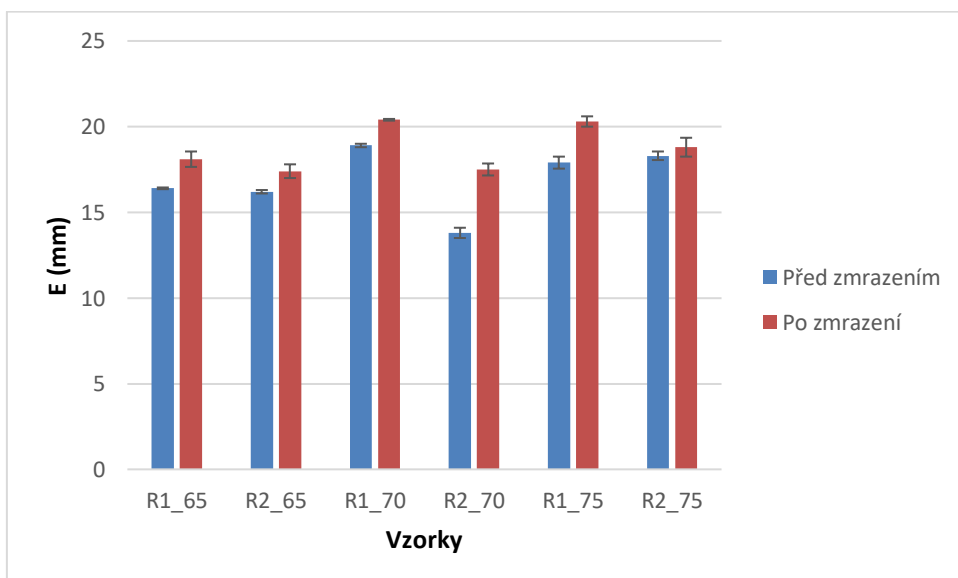
Obr. 17: Závislost Odporu cizrnového těsta k tažení na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídávky vody do těsta

Po srovnání obou receptur mezi sebou u stejných přídavek vody bylo zjištěno, že plocha pod tahovou křivkou u receptury 2 s přídávky vody 65 a 75 % byla před zmrazením průkazně nižší než u vzorků s recepturou 1; u vzorku se 70% přídávkem vody byla hodnota plochy pod tahovou křivkou průkazně vyšší u receptury 2 než u receptury 1. Hodnoty plochy pod tahovou křivkou po zmrazení byly u všech vzorků s recepturou 2 průkazně vyšší než u vzorků s recepturou 1 (obr. 18).



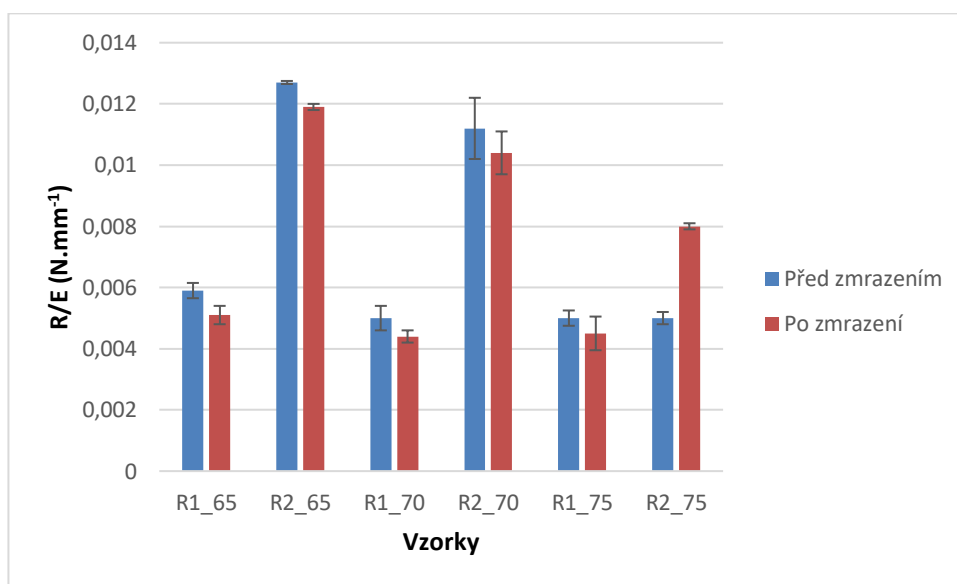
Obr. 18: Závislost Plochy pod tahovou křivkou cizrnového těsta na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídavky vody do těsta

Po srovnání receptur mezi sebou u stejných přídavků vody bylo zjištěno, že tažnost cizrnového těsta u receptury 2 s přídavky vody 65 a 70 % byla před zmrazením průkazně nižší než u vzorků s recepturou 1; u vzorku se 75% přídavkem 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. 19).



Obr. 19: 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

Po srovnání receptur mezi sebou u stejných přídavek vody bylo zjištěno, že poměrové číslo vzorků těsta u receptury 2 s přídávky vody 65 a 70 % bylo před zmrazením průkazně vyšší než u vzorků s recepturou 1; u vzorku se 75% přídávkem vody nebyl shledán statisticky významný rozdíl. Hodnoty poměrového čísla po zmrazení byly u všech vzorků s recepturou 2 průkazně vyšší než u vzorků s recepturou 1 (obr. 20).



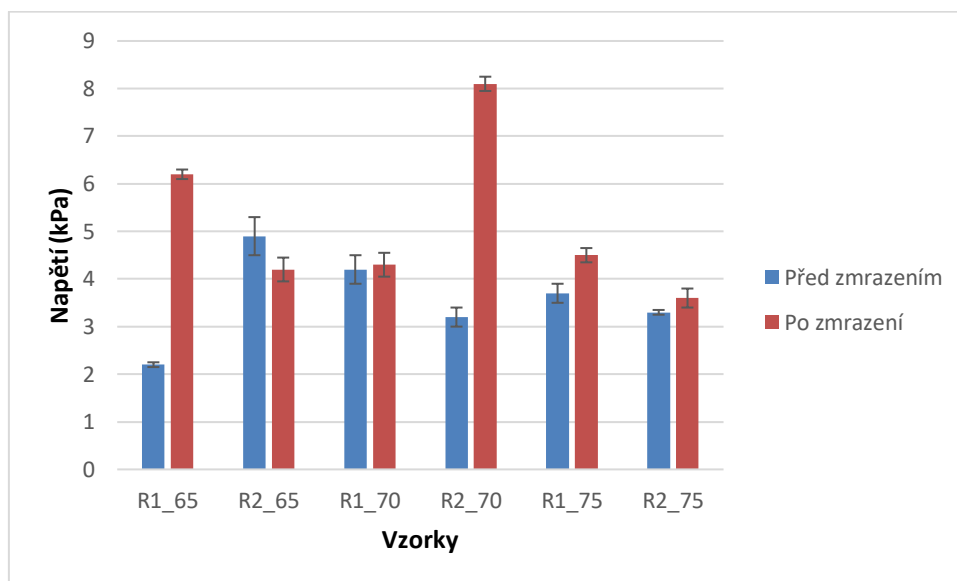
Obr. 20: Závislost Poměrového čísla cizrnového těsta na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídávky vody do těsta

4.1.3 Pohankové těsto

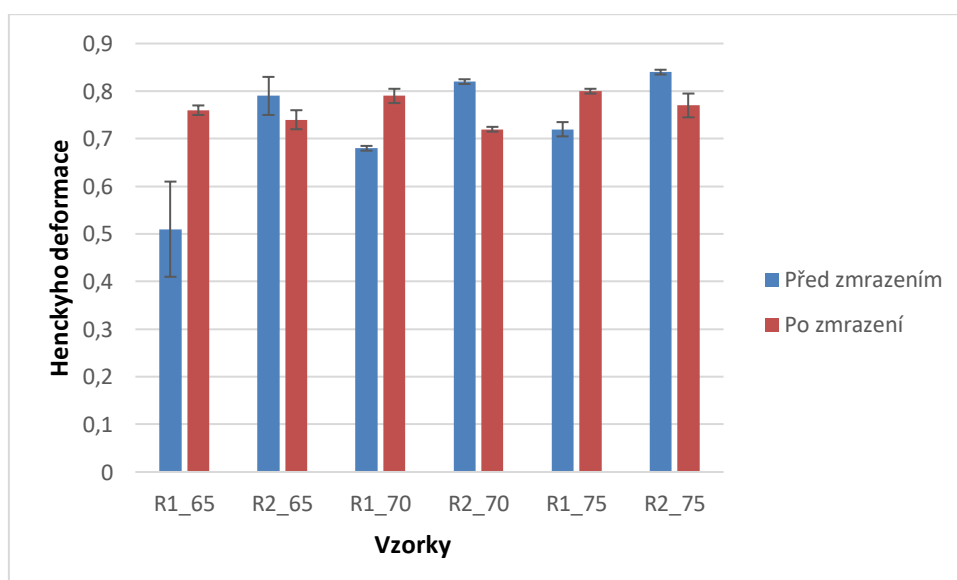
Za použití receptury 1 bylo průkazně nejvyšší napětí na přetržení těsta při 65% přídávku vody a po zmrazení (6,2 kPa); elongační viskozita dosahovala průkazně nejvyšších hodnot u pohankového těsta také při 65% přídávku vody a po zmrazení ($140 \cdot 10^{-3}$ kPa). Za použití receptury 2 bylo průkazně nejvyšší napětí na přetržení těsta bylo potřeba u pohankového těsta při 70% přídávku vody a po zmrazení (8,1 kPa); elongační viskozita dosahovala průkazně nejvyšších hodnot u pohankového těsta také při 70% přídávku vody a po zmrazení ($110 \cdot 10^{-3}$ kPa).

Se zvyšujícím se přídávkem vody se u všech vzorků (rec.1 i 2, před i po zmrazení) hodnoty elongační viskozity průkazně snižovaly (obr. 23). Toto tvrzení platí i pro odpor k tažení (obr. 24) a poměrové číslo (obr. 27). U tažnosti (obr. 26) bylo zjištěno, že s rostoucím přídávkem vody se u všech vzorků hodnoty tažnosti průkazně zvyšovaly.

Po srovnání receptur mezi sebou u stejných přídavek 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. 21).

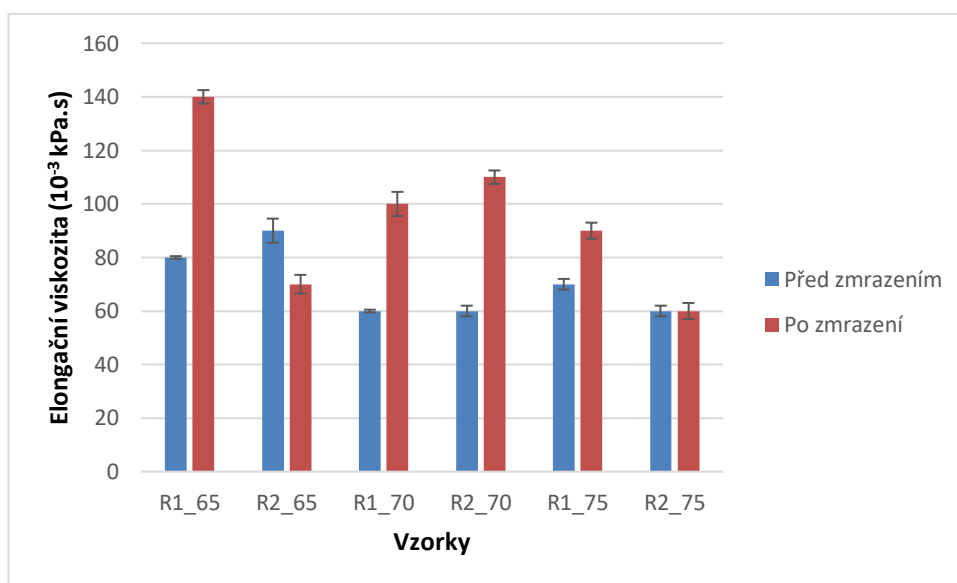


Obr. 21: Závislost napětí pohankového těsta na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídávky vody do těsta



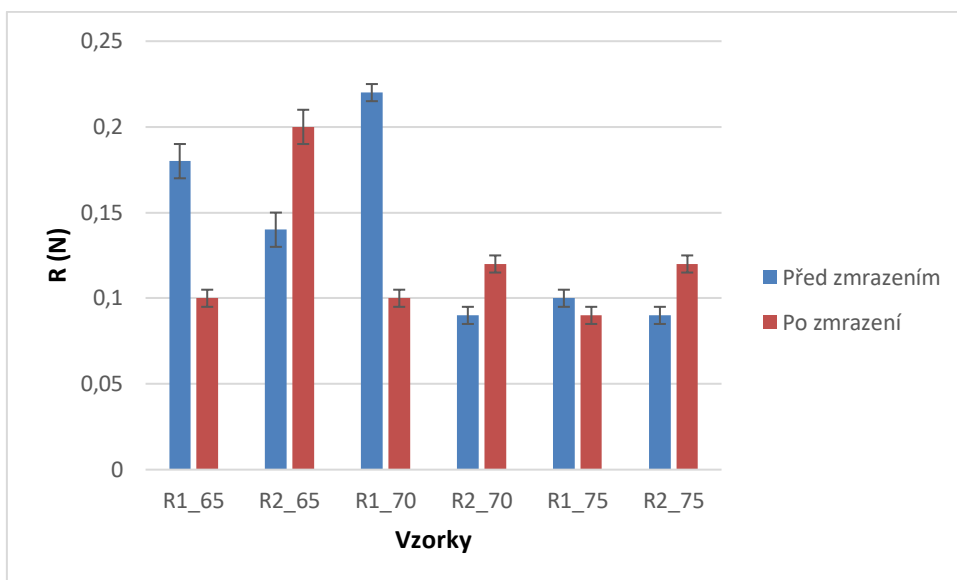
Obr. 22: Závislost Henkyho deformace pohankového těsta na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídávky vody do těsta

Po srovnání receptur mezi sebou u stejných přídaveků vody bylo zjištěno, že elongační viskozita u receptury 2 se 65% přídavkem vody byla před zmrazením průkazně vyšší než u vzorku s recepturou 1; u vzorků se 70% přídavkem vody nebyl shledán statisticky významný rozdíl mezi recepturami a u vzorků se 75% přídavkem vody byly hodnoty elongační viskozity u receptury 2 průkazně nižší než u receptury 1. Elongační viskozita pohankového těsta po zmrazení byla u vzorků s recepturou 2 a 65 a 75% přídavkem vody průkazně nižší než u vzorků s recepturou 1; u vzorku těsta s recepturou 2 a 70% přídavkem nebyl nalezen statisticky významný rozdíl (obr. 23).



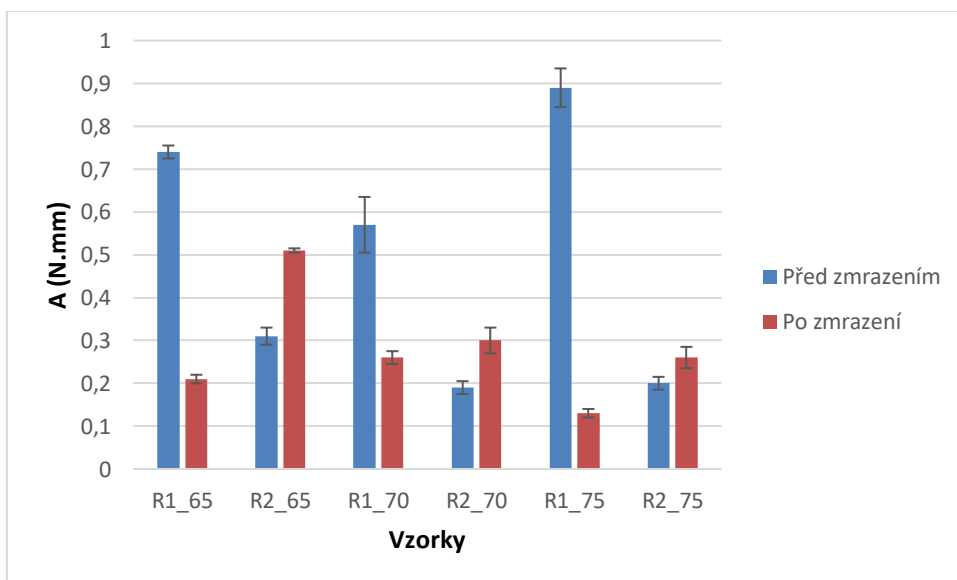
Obr. 23: Závislost Elongační viskozity pohankového těsta na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídavky vody do těsta

Po srovnání receptur mezi sebou u stejných přídaveků 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. 24).



Obr. 24: 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

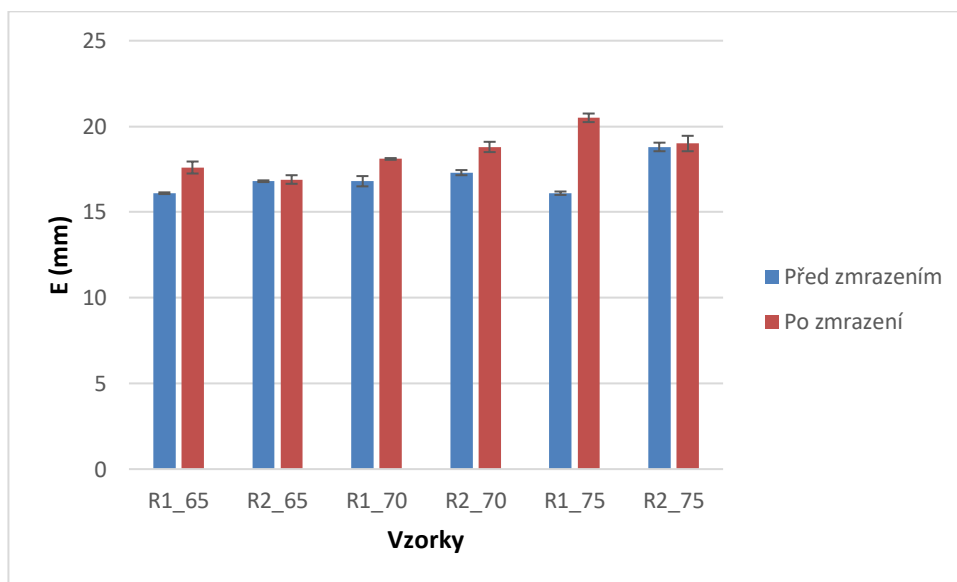
Po srovnání receptur mezi sebou u stejných přídavků vody bylo zjištěno, že hodnoty plochy pod tahovou křivkou před zmrazením u receptury 2 byly u všech vzorků průkazně nižší než u vzorků s recepturou 1. Po zmrazení byly hodnoty plochy pod tahovou křivkou u všech vzorků s recepturou 2 průkazně vyšší než u vzorků s recepturou 1 (obr. 25).



Obr. 25: Závislost Plochy pod tahovou křivkou 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

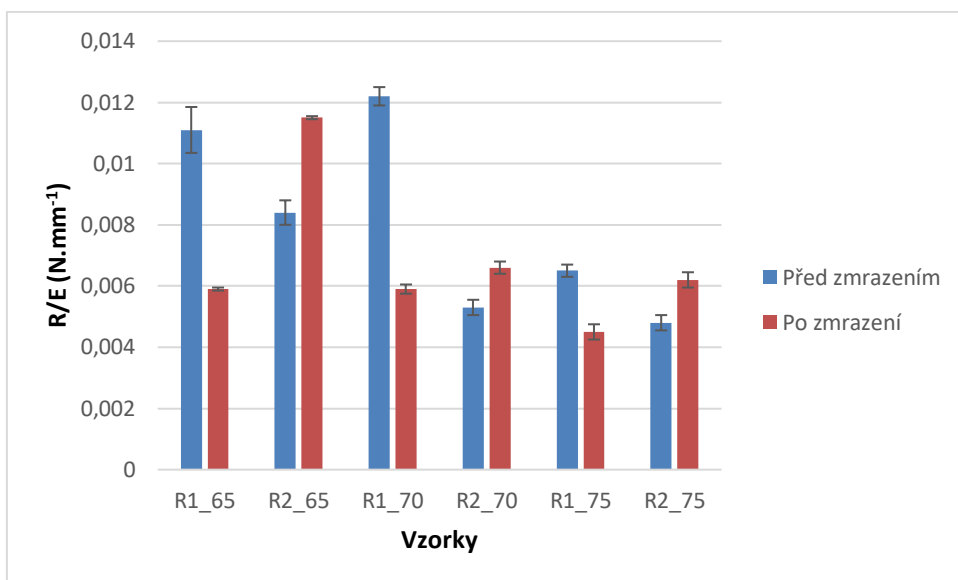
Po srovnání receptur mezi sebou u stejných přídavků vody bylo zjištěno, že hodnoty tažnosti pohankového těsta všech vzorků s recepturou 2 byly

před zmrazením průkazně vyšší než u vzorků s recepturou 1. Tažnost pohankového těsta po zmrazení byla u vzorku se 65% přídatkem vody s recepturou 2 průkazně nižší než s recepturou 1; u vzorku těsta s recepturou 2 a 70% přídatkem vody byla tažnost průkazně vyšší než u receptury 1; vzorky těsta se 75% přídatkem vody byly bez statisticky významného rozdílu (obr. 26).



Obr. 26: Závislost Tažnosti pohankového těsta na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídatky vody do těsta

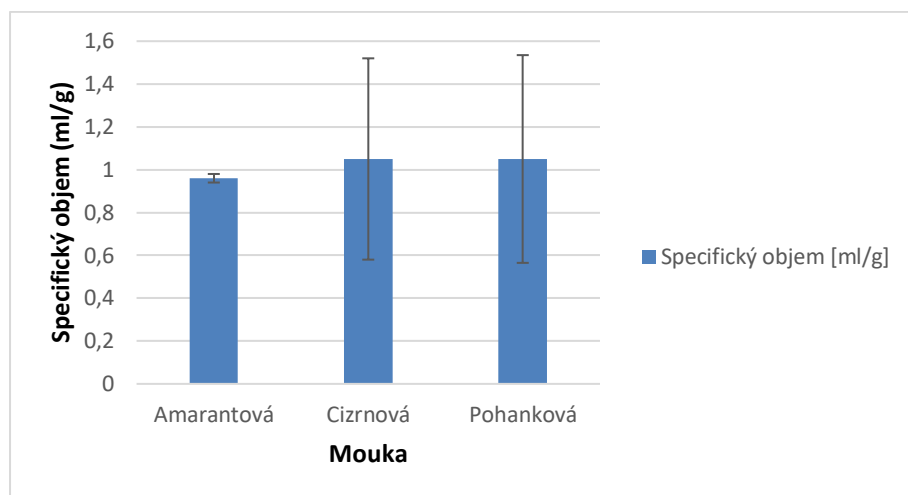
Po srovnání receptur mezi sebou u stejných přídatků vody bylo zjištěno, že před zmrazením byly hodnoty poměrového čísla u všech vzorků s recepturou 2 průkazně nižší než u vzorků s recepturou 1. Hodnoty poměrového čísla po zmrazení byly u všech vzorků s recepturou 2 průkazně vyšší než u vzorků s recepturou 1 (obr. 27).



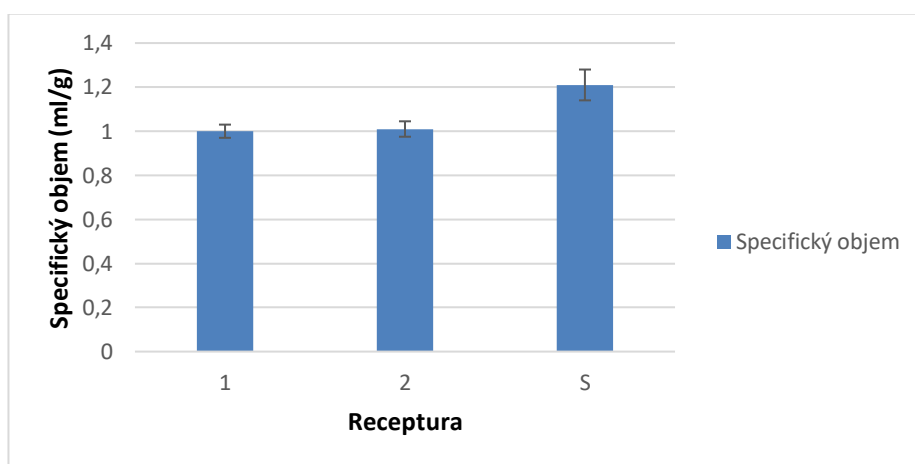
Obr. 27: Závislost Poměrového čísla pohankového těsta na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídavky vody do těsta

4.2 Specifický objem

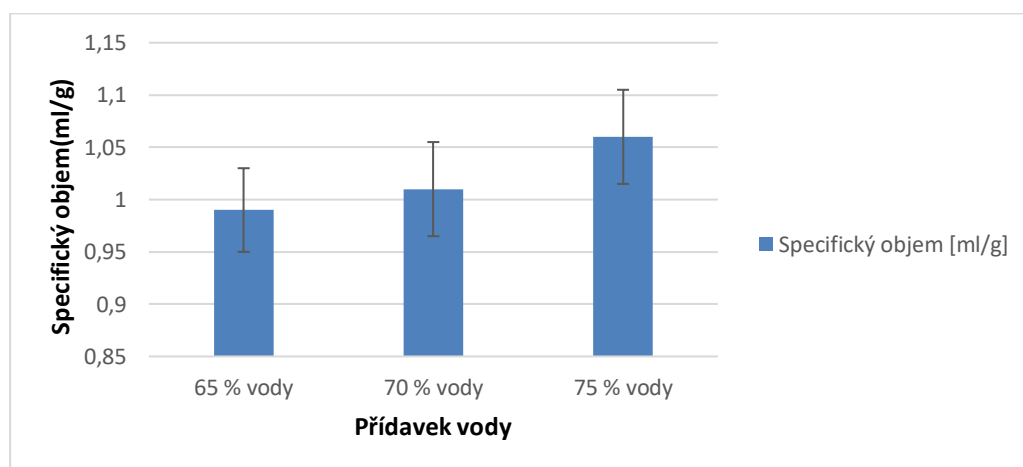
Použitý druh bezlepkové mouky měl vliv na velikost specifického objemu pečiva – pečivo vyrobené z amarantové mouky mělo statisticky významně nejnižší specifický objem. Specifický objem pečiva vyrobeného z cizrnové a pohankové mouky byl bez statisticky významného rozdílu (obr. 28). Také množství přídavku vody mělo statisticky významný vliv na hodnoty specifického objemu, kdy se zvyšujícím se přídavkem vody byla rostoucí hodnota specifického objemu (obr. 30). Mrazení mělo negativní vliv na specifický objem pečiva, jelikož pečivo vyrobené ze zmrazeného těsta i polotovaru mělo průkazně nižší specifický objem než čerstvě upečené pečivo (obr. 31). Použitá receptura měla vliv na specifický objem, kdy receptura č. 2 měla průkazně vyšší specifický objem než receptura č. 1 (obr. 29).



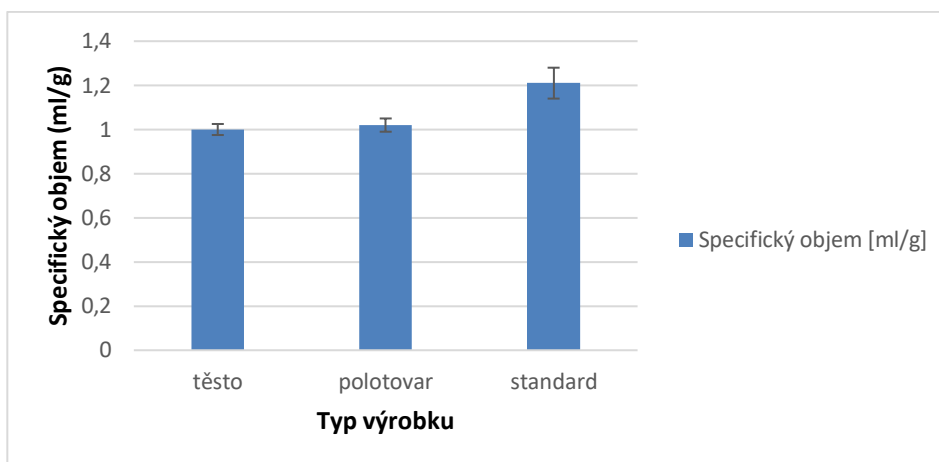
Obr. 28: Závislost specifického objemu na použitém druhu mouky



Obr. 29: Závislost specifického objemu na použitém druhu receptury: 1: receptura č. 1; 2: receptura č. 2; S: standard (čerstvě upečené pečivo).



Obr. 30: Závislost specifického objemu na přídavku vody

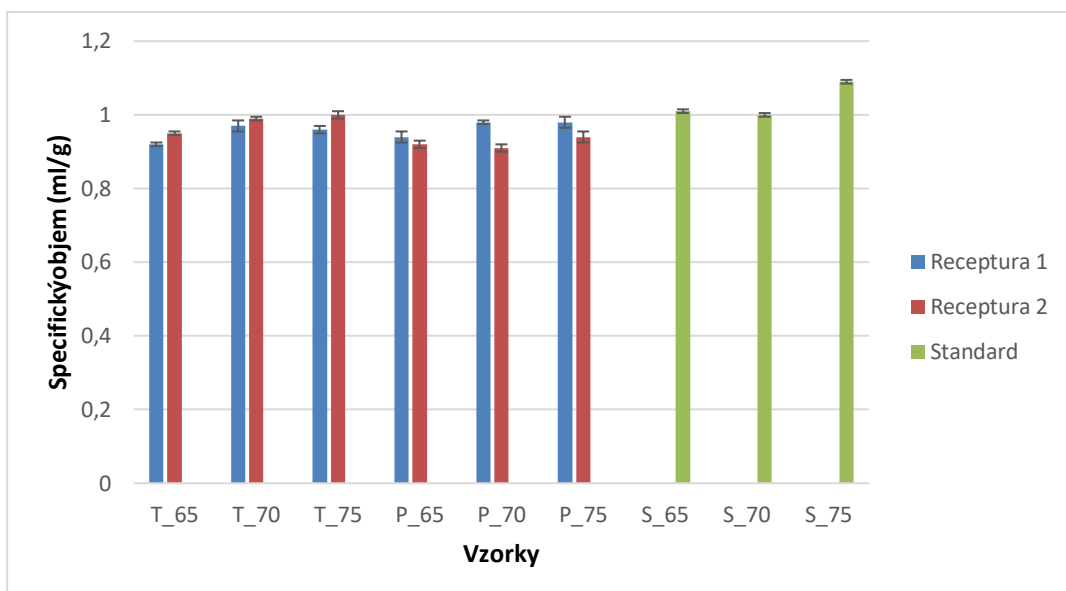


Obr. 31: Závislost specifického objemu na typu výrobku

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 (obr. 32).

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. 32).

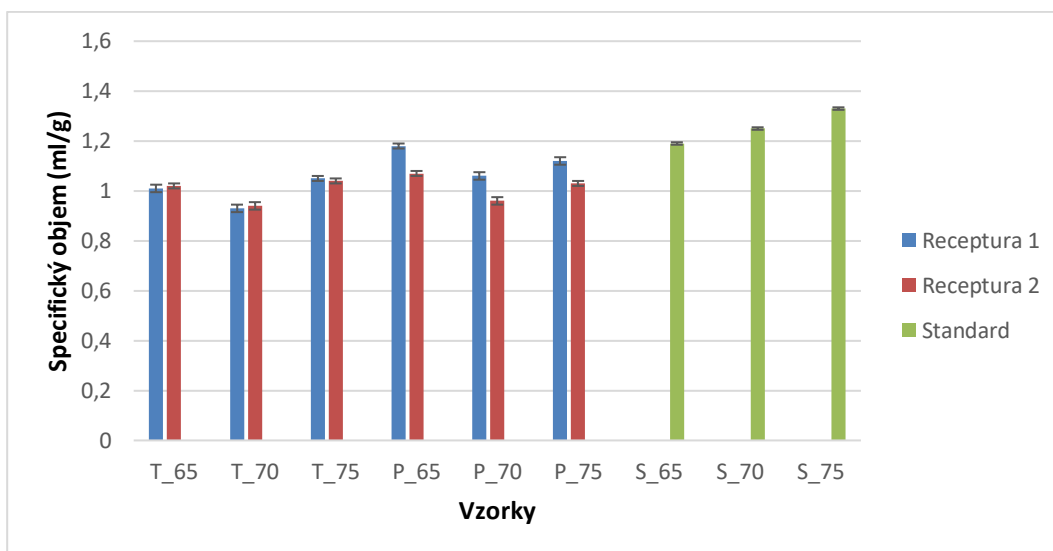


Obr. 32: Závislost specifického objemu amarantového pečiva na jednotlivých formách vzorků: T: pečivo ze zmrazeného těsta; P: pečivo ze zmrazeného polotovaru; S: standard (čerstvě upečené pečivo); 65-75: procentuální přídavky vody do těsta

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 přídavek zlepšujících složek obsažených v rec. 2 zvýšil kvalitu (objem) bezlepkového pečiva vyrobeného z cizrnové mouky (obr. 33).

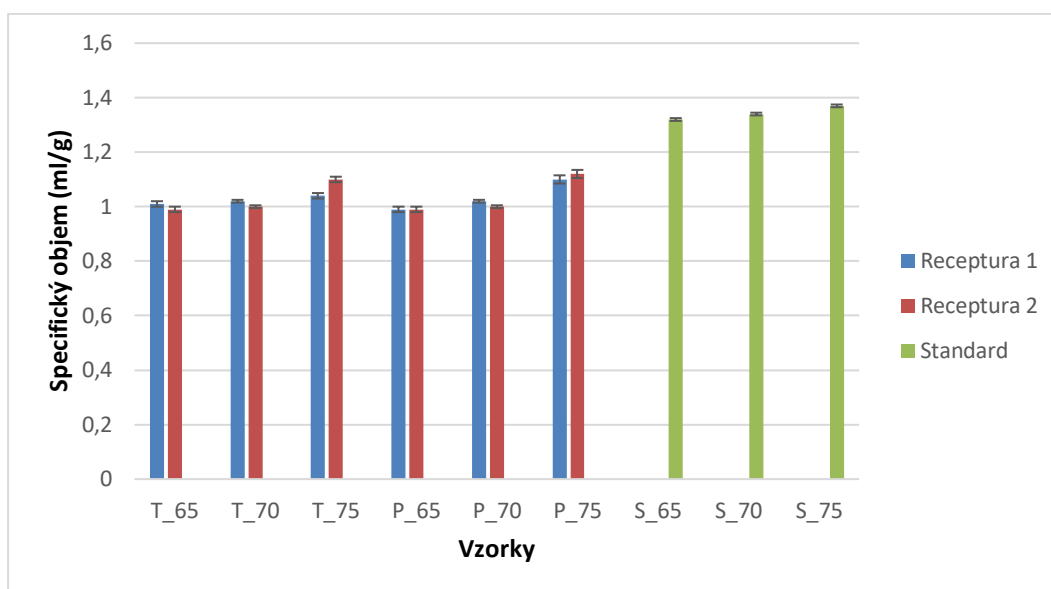


Obr. 33: Závislost specifického objemu cizrnového pečiva na jednotlivých formách vzorků: T: pečivo ze zmrazeného těsta; P: pečivo ze zmrazeného polotovaru; S: standard (čerstvě upečené pečivo); 65-75: procentuální přídavky vody do těsta

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 (obr. 34).

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. 34).



Obr. 34: 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 přídávky vody do těsta

4.3 Texturní profilová analýza

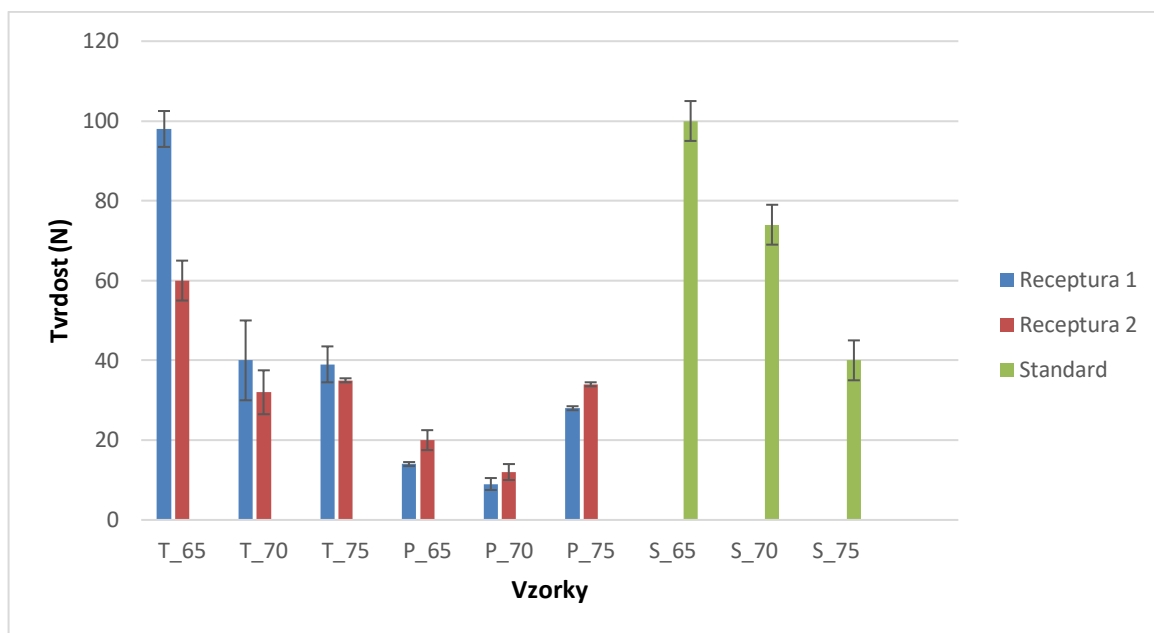
U všech druhů bezlepkového pečiva byly hodnoceny tyto texturní vlastnosti – tvrdost, kohezivnost, elasticita a žvýkatelnost.

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 (obr. 35).

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 přídavkem vody průkazně nižší (obr. 35).

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 přídávky 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. 35).

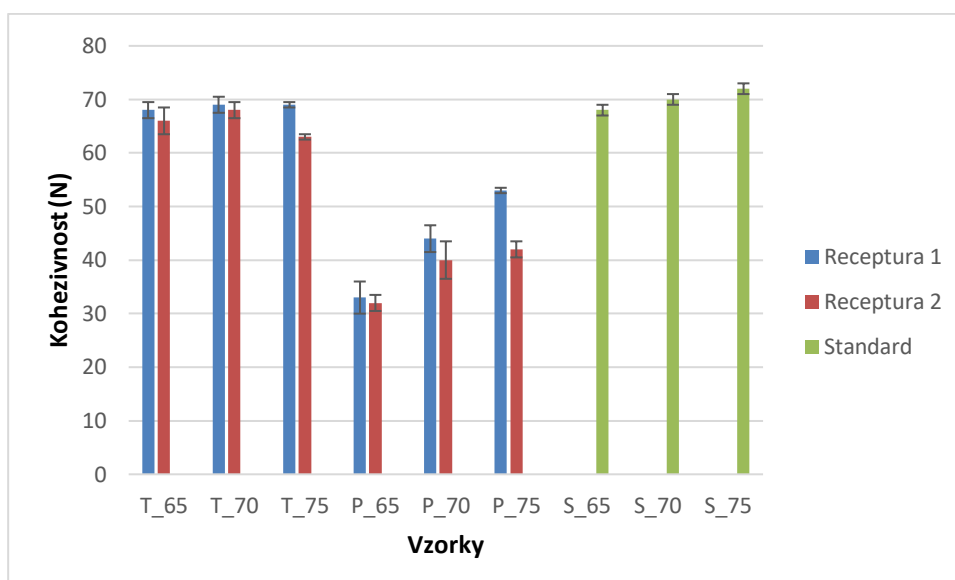


Obr. 35: Závislost tvrdosti amaratového pečiva na jednotlivých formách vzorků: T: pečivo ze zmrazeného těsta; P: pečivo ze zmrazeného polotovaru; S: standard (čerstvě upečené pečivo); 65-75: procentuální přídavky vody do těsta

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 přídavcích vody, což znamená, že vzorky, které podlely mrazení měly méně soudržnou střídu než čerstvě upečené pečivo (obr. 36).

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. 36).

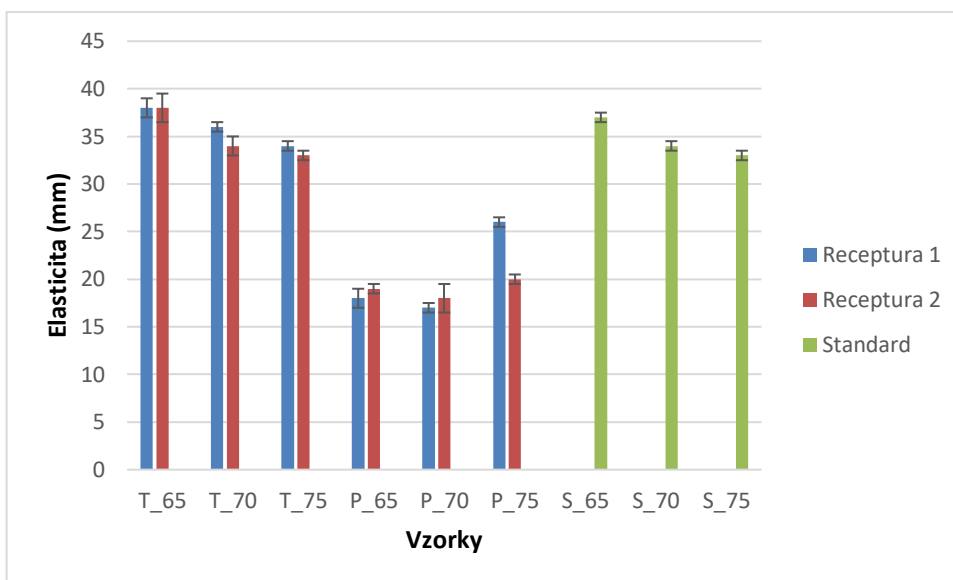


Obr. 36: Závislost koheznosti amaratového pečiva na jednotlivých formách vzorků: T: pečivo ze zmrazeného těsta; P: pečivo ze zmrazeného polotovaru; S: standard (čerstvě upečené pečivo); 65-75: procentuální přídávky vody do těsta

U pečiva vyrobeného ze zmrazeného těsta nebyl nalezen statisticky významný rozdíl v elasticitě ve srovnání se standardy se stejnými přídávky vody. U pečiva vyrobeného ze zmrazeného polotovaru byly viditelné rozdíly – hodnoty elasticity byly průkazně nižší než standardy se stejnými přídávky vody (obr. 37).

S rostoucím přídávkem vody se elasticita pečiva vyrobeného ze zmrazeného těsta průkazně snižovala. U pečiva vyrobeného ze zmrazeného polotovaru nebyl nalezen žádný trend závislosti na přídávku vody, ale průkazně nejvyšší hodnoty vykazovalo pečivo vyrobené zmrazeného polotovaru se 75% přídávkem vody s recepturou 1 (obr. 37).

Hypotéza o vlivu přídatných látek (rec. 2) na zlepšení kvality bezlepkového pečiva (zvýšení elasticity) byla potvrzena jen u vzorků vyrobených ze zmrazeného polotovaru s přídávky vody 65 a 70 %, ovšem bez statisticky významného rozdílu (obr. 37).

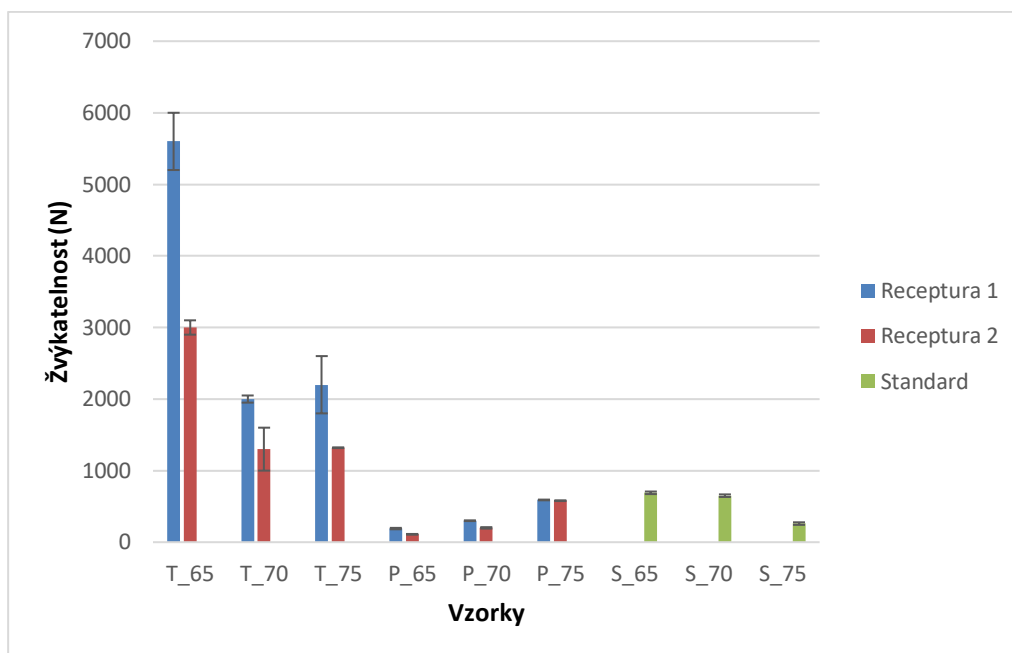


Obr. 37: Závislost elasticity amarantového pečiva na jednotlivých formách vzorků: T: pečivo ze zmrazeného těsta; P: pečivo ze zmrazeného polotovaru; S: standard (čerstvě upečené pečivo); 65-75: procentuální přídavky vody do těsta

Dalším hodnoceným parametrem je žvýkatelnost, která představuje energii nutnou pro rozžvýkání potraviny před polknutím. Na žvýkatelnost měla viditelný vliv použitá receptura, kdy pečivo s recepturou 2 mělo nižší hodnoty než pečivo s recepturou 1. Zde byla potvrzena hypotéza, že přídavek přídatných látek (rec. 2) má vliv na zlepšení kvality bezlepkového pečiva (snížení žvýkatelnosti) – u pečiva vyrobeného ze zmrazeného těsta byly rozdíly průkazné, ale vzorky vyrobené ze zmrazených polotovarů byly bez statisticky významného rozdílu (obr. 38).

Po srovnání pečiva vyrobeného ze zmrazeného těsta se standardem bylo zjištěno, že čerstvě upečené pečivo mělo průkazně nižší žvýkatelnost. U pečiva vyrobeného ze zmrazeného polotovaru byla žvýkatelnost průkazně nižší než standardy se stejnými přídavky vody, naopak tomu bylo pouze u 75% přídavku vody (obr. 38).

S rostoucím se přídavkem vody se u pečiva vyrobeného ze zmrazeného polotovaru zvyšovala žvýkatelnost bez statisticky významného rozdílu. U pečiva vyrobeného ze zmrazeného těsta nebyl nalezen trend závislosti na přídavku vody (obr. 38).



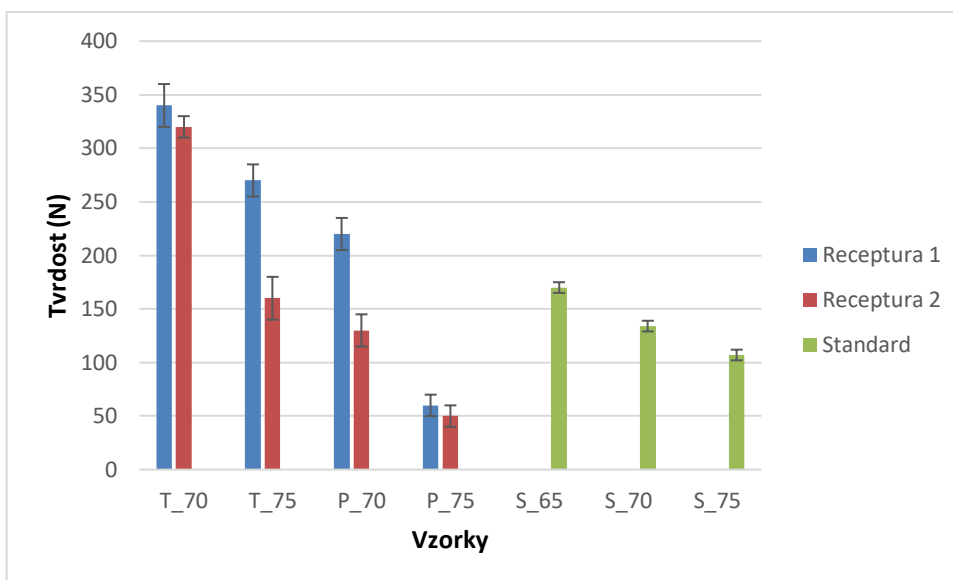
Obr. 38: Závislost žvýkatelnosti amaratového pečiva na jednotlivých formách vzorků: T: pečivo ze zmrazeného těsta; P: pečivo ze zmrazeného polotovaru; S: standard (čerstvě upečené pečivo); 65-75: procentuální přídavky vody do těsta

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.

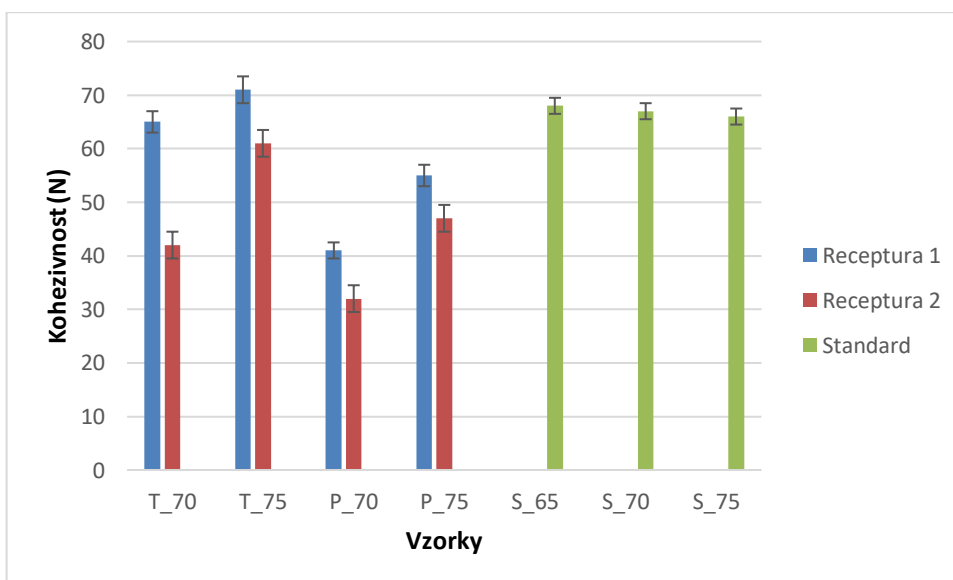
Zvyšující se přídavek vody u obou receptur průkazně snižoval tvrdost střídy cizrnového pečiva vyrobeného ze zmrazeného těsta, polotovaru i čerstvě upečeného pečiva. Tvrdost střídy byla u vzorků, které podlehly mrazení, průkazně vyšší než čerstvě upečené pečivo, pouze pečivo ze zmrazeného polotovaru při přídavku vody 75 % u receptury 1 i 2 vykazovalo průkazně nižší tvrdost než standard (obr. 39).

Byla potvrzena hypotéza, že přídavek přídatných látek (rec. 2) průkazně zlepšuje kvalitu (snižuje tvrdost střídy) bezlepkového pečiva vyrobeného z cizrnové mouky (obr. 39).



Obr. 39: 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

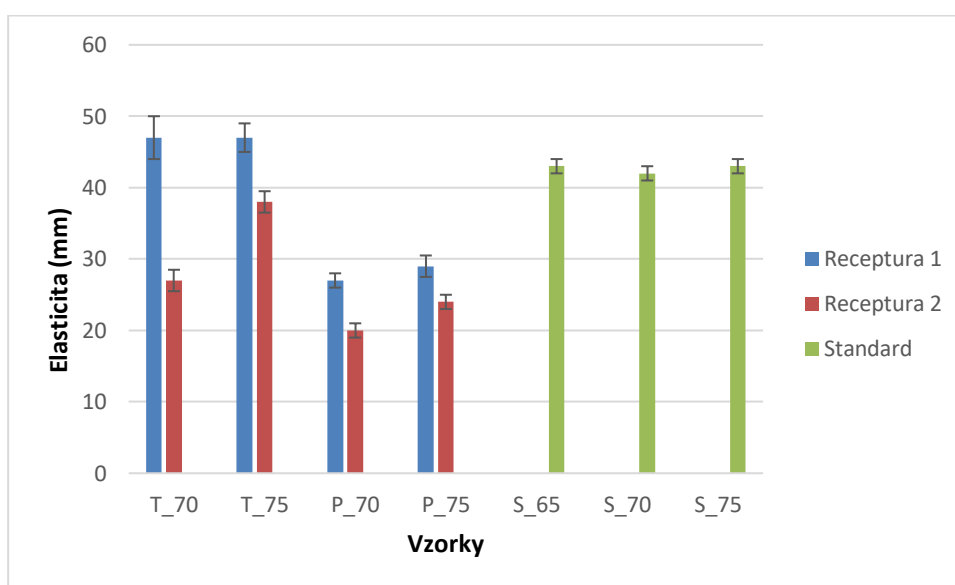
S rostoucím přídavkem vody se průkazně zvyšovaly hodnoty kohezivnosti u obou receptur; u čerstvě upečeného pečiva nebyl nalezen statisticky významný rozdíl v závislosti na přídavku vody. Po porovnání receptur vyplynulo, že střída s recepturou 1 byla průkazně soudržnější než střída s recepturou 2 – nebyla potvrzena hypotéza o vlivu přídatných látek na zlepšení kvality bezlepkového pečiva (obr. 40).



Obr. 40: 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

U čerstvě upečeného pečiva a pečiva vyrobeného ze zmrazeného těsta s recepturou 1 nebyl nalezen statisticky významný rozdíl v závislosti elasticity na přídatku vody. U zbylých vzorků bylo zjištěno, že s rostoucím přídatkem vody se průkazně zvyšovala elasticita cizrnového pečiva. Při porovnání receptur mezi sebou je viditelné, že receptura 2 má při stejných přídatcích vody průkazně nižší hodnoty elasticity než receptura 1 – nebyla potvrzena hypotéza o vlivu přídatných látek (rec. 2) na zlepšení kvality (zvýšení elasticity) bezlepkového pečiva (obr. 41).

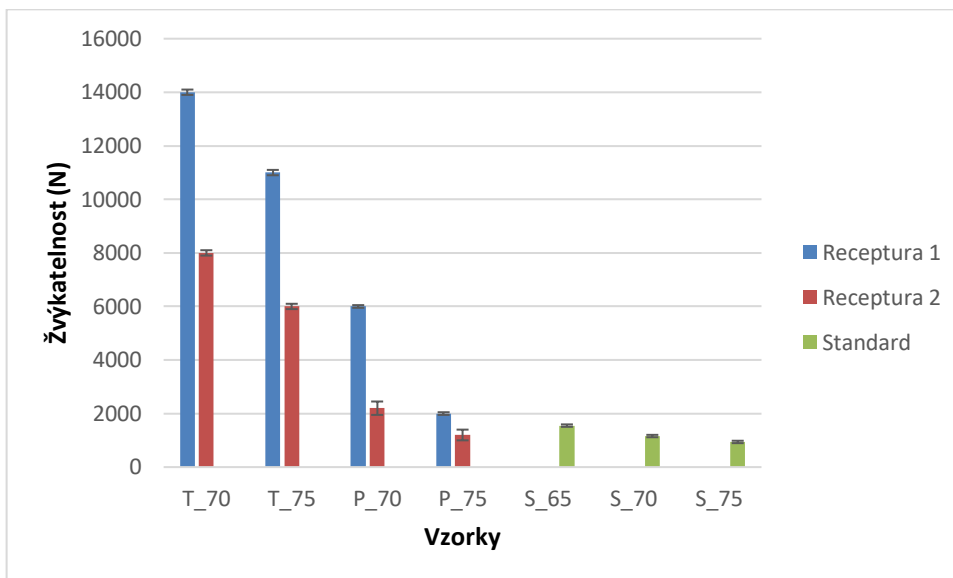
Po srovnání se standardy bylo zjištěno, že všechny vzorky, kromě pečiva vyrobeného ze zmrazeného těsta s recepturou 1, mají při totožných přídatcích vody průkazně nižší hodnoty elasticity než standard (obr. 41).



Obr. 41: 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 přídatky vody do těsta

Použitá receptura měla vliv na žvýkatelnost, kdy pečivo s recepturou 2 mělo průkazně nižší hodnoty než pečivo s recepturou 1. Zde byla potvrzena hypotéza, že přídavek přídatných látek (rec. 2) má vliv na zlepšení kvality bezlepkového pečiva (snížení žvýkatelnosti) (obr. 42).

Po srovnání vzorků pečiva vyrobeného ze zmrazeného těsta a polotovaru se standardem při stejných přídatcích vody bylo zjištěno, že čerstvě upečené pečivo mělo vždy průkazně nižší žvýkatelnost. S rostoucím přídatkem vody se u všech typů vzorků cizrnového pečiva hodnoty žvýkatelnosti průkazně snižovaly (obr. 42).



Obr. 42: Závislost žvýkatelnosti 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

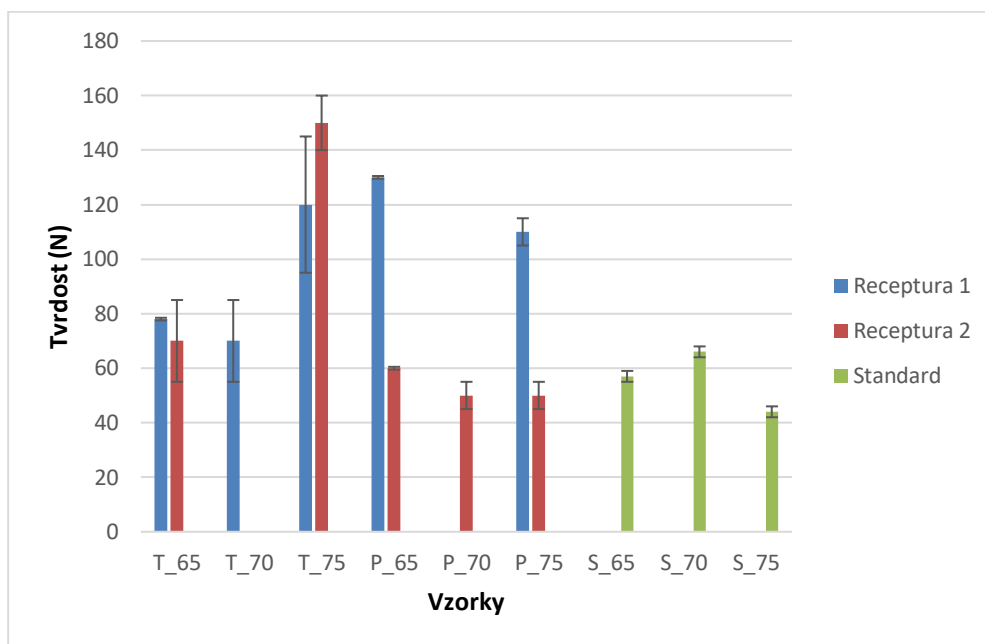
4.3.3 Pohankové pečivo

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

U pečiva ze zmrazeného těsta bylo zřejmé, že při vyšším přídavku 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 přídavků 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 (obr. 43).

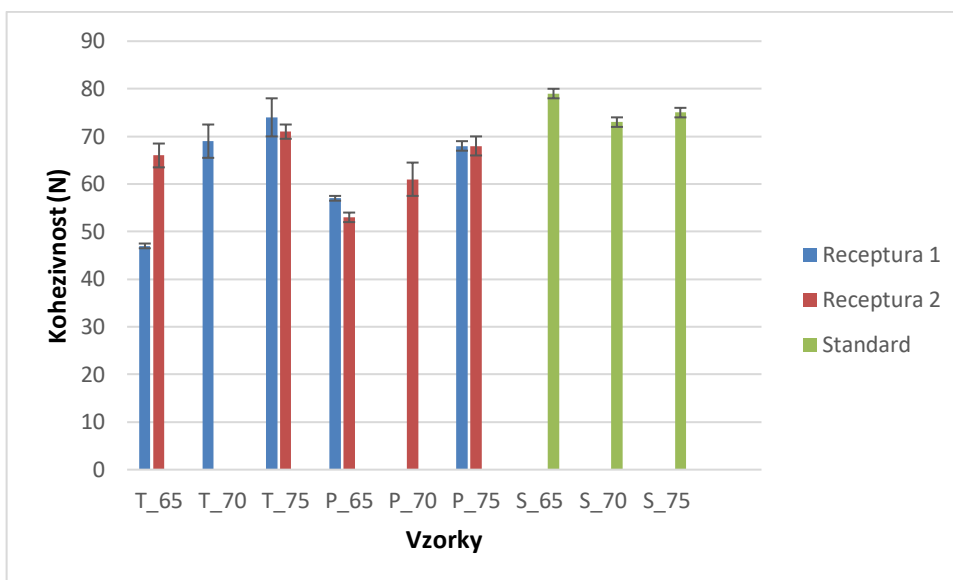
Tvrdość všech vzorků, které prošly mrazením, byla po srovnání se standardem průkazně vyšší, kromě jediného vzorku – pečivo vyrobené ze zmrazeného polotovaru se 70% přídavkem vody a recepturou 2 (obr. 43).



Obr. 43: 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 mrazením, průkazně zvyšovaly hodnoty kohezivnosti. Všechny vzorky měly po srovnání se standardem průkazně nižší soudržnost střídy (kohezivnost) (obr. 44).

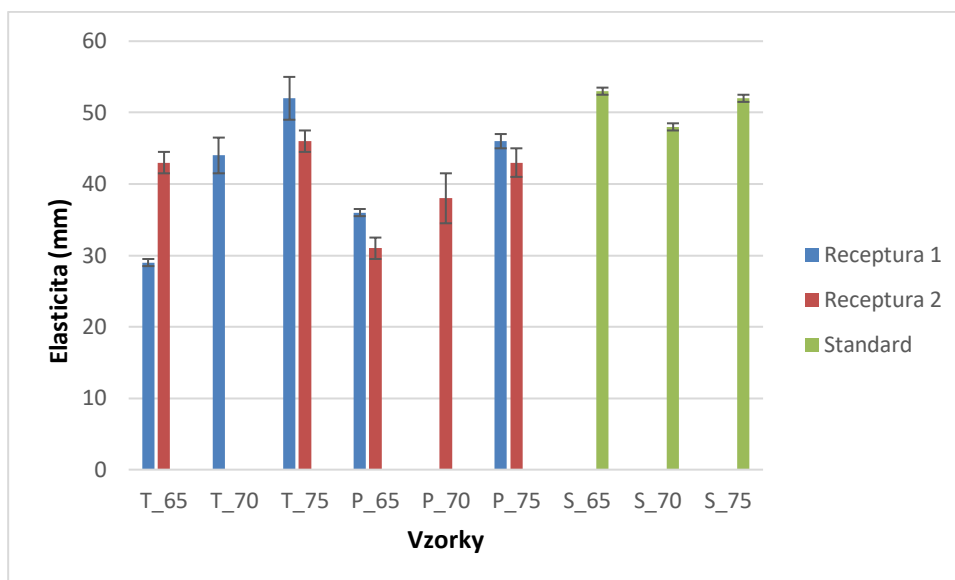
Hypotéza o přídavku přídatných látek (rec. 2) na zlepšení kvality (zvýšení kohezivnosti) bezlepkového pečiva byla průkazně potvrzena pouze u vzorku pečiva vyrobeného ze zmrazeného těsta s 65% přídavkem vody. Zbylé vzorky měly po porovnání obou receptur mezi sebou nižší nebo shodné hodnoty bez statisticky významných rozdílů (obr. 44).



Obr. 44: 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 přídávky 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 (obr. 45).

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. 45).

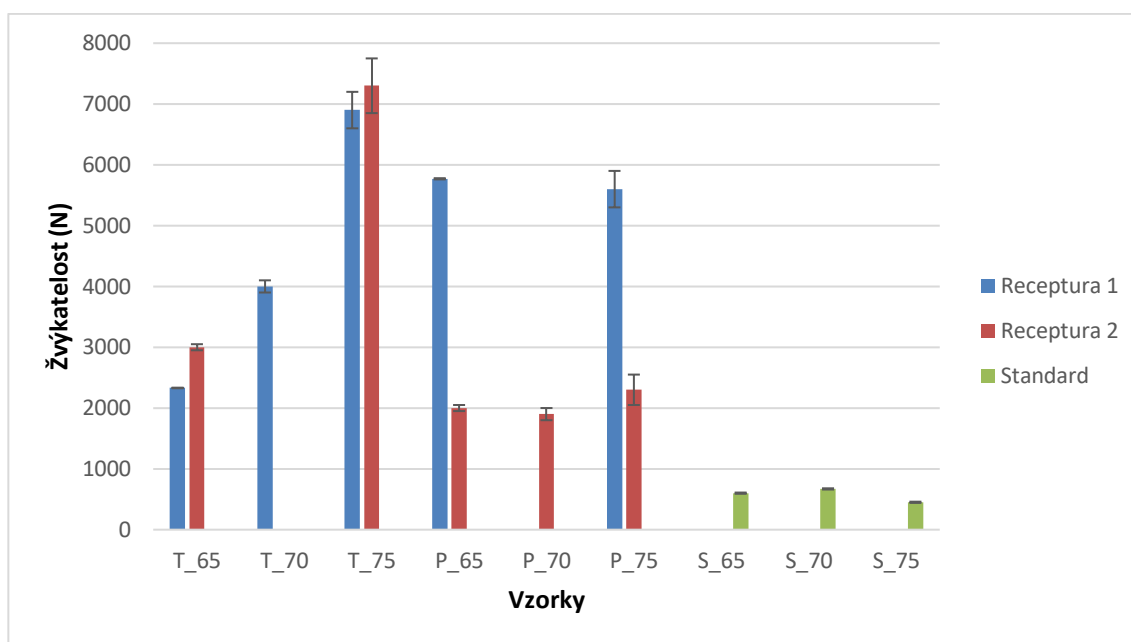


Obr. 45: Závislost elasticity pohankového pečiva na jednotlivých formách vzorků: T: pečivo ze zmrazeného těsta; P: pečivo ze zmrazeného polotovaru; S: standard (čerstvě upečené pečivo); 65-75: procentuální přídávky vody do těsta

U pečiva vyrobeného ze zmrazeného těsta bylo zjištěno, že při vyšším přídávku vody byly hodnoty žvýkatelnosti průkazně vyšší, opačně tomu bylo u pečiva vyrobeného ze zmrazeného polotovaru (tzn. vyšší přídavek vody způsobil nižší žvýkatelnost střídy bez statisticky významného rozdílu) (obr. 46).

Při vzájemném porovnání receptur u stejných přídávků vody bylo zjištěno, že při použití receptury 1 u pečiva vyrobeného ze zmrazeného polotovaru byly hodnoty žvýkatelnosti průkazně vyšší než u receptury 2. Zde byla potvrzena hypotéza, že přídavek přídatných látek (rec. 2) má vliv na zlepšení kvality bezlepkového pečiva (snížení žvýkatelnosti) (obr. 46).

U pečiva vyrobeného ze zmrazeného těsta byly sice hodnoty receptury 1 nižší než u receptury 2, ale bez statisticky významného rozdílu. Žvýkatelnost všech vzorků, které prošly mražením, byla po srovnání se standardem průkazně vyšší (obr. 46).



Obr. 46: Závislost žvýkatelnosti 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 senzorické analýzy bylo zjištěno, že u všech vzorků vyrobených z jednotlivých druhů bezlepkových mouk mělo mrazení průkazně negativní vliv na jednotlivé senzorické 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 přídavcích vody (tab. 4 a 5). U cizrnového pečiva byly se zvyšujícím se přídavkem vody průkazně lepší pouze hodnoty parametru vzhled kůrky a vzhled střídy (tab. 6).

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% přídavku vody a pečiva vyrobeného ze zmrazeného polotovaru s přídavky vody 65 a 70 %. Dále byla potvrzena pro zlepšení vzhledu střídy cizrnového pečiva u vzorků vyrobených ze zmrazeného těsta a zmrazeného polotovaru se 70% přídavky vody. Pro parametr pórovitosti byla hypotéza potvrzena pouze u pečiva vyrobeného ze zmrazeného těsta se 65% přídavkem 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 (tab. 5)

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% přídavku vody. Dále byla potvrzena pro zlepšení pružnosti střídy pohankového pečiva u vzorků vyrobených ze zmrazeného těsta při 70% přídavku vody a zmrazeného polotovaru se 65% přídavkem vody. Pro parametr pórovitosti byla hypotéza potvrzena pouze u pečiva vyrobeného ze zmrazeného polotovaru se 65% přídavkem 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 č.1 (tab. 6).

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.

Tab. 4: Průměrné hodnoty senzoričké analýzy amarantového pečiva

Forma	Přídavek vody %	Receptura	Kůrka	Střída			Chuť a vůně
				Vzhled	Pružnost	Pórovitost	
těsto	65	1	7 ± 1^{cd}	2 ± 1^a	3 ± 1^b	$1 \pm 0,1^a$	1 ± 1^a
těsto	70	1	5 ± 1^c	2 ± 2^{ab}	3 ± 1^b	2 ± 1^{ab}	1 ± 1^a
těsto	75	1	1 ± 1^a	1 ± 1^a	4 ± 1^c	1 ± 1^a	1 ± 1^a
těsto	65	2	7 ± 2^d	2 ± 1^a	3 ± 2^b	1 ± 1^a	1 ± 1^a
těsto	70	2	2 ± 2^a	2 ± 2^a	3 ± 15^b	2 ± 1^{ab}	3 ± 1^{ab}
těsto	75	2	1 ± 1^a	1 ± 1^a	1 ± 1^a	1 ± 1^a	2 ± 1^a
polotovar	65	1	5 ± 2^c	2 ± 1^a	3 ± 1^b	1 ± 1^a	1 ± 1^a
polotovar	70	1	2 ± 2^a	1 ± 1^a	2 ± 1^a	1 ± 1^a	1 ± 1^a
polotovar	75	1	1 ± 1^a	1 ± 1^a	3 ± 2^b	1 ± 1^a	1 ± 1^a
polotovar	65	2	6 ± 2^c	1 ± 1^a	3 ± 2^b	1 ± 1^a	1 ± 1^a
polotovar	70	2	2 ± 2^a	$1 \pm 0,5^a$	2 ± 1^a	1 ± 1^a	1 ± 1^a
polotovar	75	2	1 ± 1^a	1 ± 1^a	1 ± 1^a	1 ± 1^a	2 ± 1^a
standard	65	1	7 ± 2^d	4 ± 3^{cd}	3 ± 2^b	3 ± 2^b	3 ± 2^{ab}
standard	70	1	8 ± 1^{de}	5 ± 2^d	5 ± 2^{de}	3 ± 3^b	3 ± 1^{bc}
standard	75	1	7 ± 2^d	7 ± 1^{ef}	6 ± 1^{ef}	4 ± 1^c	4 ± 3^{bc}

Tab. 5: Průměrné hodnoty senzorické analýzy cizrnového pečiva

Forma	Přídavek vody %	Receptura	Kůrka	Střída			Chuť a vůně
				Vzhled	Pružnost	Pórovitost	
těsto	65	1	3 ± 1 ^b	6 ± 2 ^c	1 ± 1 ^a	1 ± 1 ^a	1 ± 1 ^a
těsto	70	1	3 ± 2 ^b	3 ± 1 ^b	1 ± 1 ^a	2 ± 1 ^a	3 ± 1 ^{ab}
těsto	75	1	2 ± 2 ^a	1 ± 1 ^a	2 ± 1 ^a	5 ± 1 ^c	3 ± 1 ^{bc}
těsto	65	2	7 ± 1 ^d	3 ± 3 ^c	2 ± 1 ^{ab}	3 ± 1 ^b	5 ± 2 ^d
těsto	70	2	4 ± 3 ^b	4 ± 2 ^c	3 ± 2 ^b	2 ± 2 ^a	5 ± 2 ^d
těsto	75	2	2 ± 1 ^a	1, ± 1 ^a	2 ± 1 ^a	3 ± 1 ^b	5 ± 1 ^d
polotovar	65	1	6 ± 1 ^c	7 ± 3 ^e	1 ± 1 ^a	4 ± 1 ^c	2 ± 1 ^a
polotovar	70	1	3 ± 1 ^b	2 ± 1 ^a	2 ± 2 ^a	2 ± 2 ^{ab}	2 ± 1 ^a
polotovar	75	1	2 ± 1 ^a	2 ± 2 ^b	3 ± 1 ^b	2 ± 1 ^{ab}	2 ± 1 ^{ab}
polotovar	65	2	9 ± 2 ^e	3 ± 2 ^b	2 ± 1 ^b	2 ± 1 ^{ab}	5 ± 1 ^d
polotovar	70	2	7 ± 2 ^{cd}	4 ± 1 ^c	2 ± 2 ^{ab}	2 ± 2 ^a	4 ± 1 ^{cd}
polotovar	75	2	1 ± 1 ^a	1 ± 1 ^a	2 ± 2 ^a	1 ± 1 ^a	5 ± 2 ^{de}
standard	65	1	7 ± 1 ^d	7 ± 1 ^{ef}	4 ± 2 ^c	5 ± 4 ^c	4 ± 2 ^c
standard	70	1	7 ± 1 ^d	7 ± 2 ^f	4 ± 2 ^c	5 ± 2 ^c	6 ± 2 ^{ef}
standard	75	1	8 ± 2 ^{de}	8 ± 2 ^f	4 ± 3 ^{cd}	7 ± 1 ^d	6 ± 3 ^{ef}

Tab. 6: Průměrné hodnoty senzorické analýzy pohankového pečiva

Forma	Přídavek vody %	Receptura	Kůrka	Střída			Chuť a vůně
				Vzhled	Pružnost	Pórovitost	
těsto	65	1	1 ± 1 ^a	1 ± 1 ^a	2 ± 2 ^a	1 ± 1 ^a	2 ± 2 ^a
těsto	70	1	1 ± 1 ^a	1 ± 1 ^a	1 ± 1 ^a	1 ± 1 ^a	3 ± 1 ^{bc}
těsto	75	1	1 ± 1 ^a	1 ± 1 ^a	1 ± 1 ^a	2 ± 1 ^a	2 ± 2 ^{ab}
těsto	65	2	1 ± 1 ^a	1 ± 1 ^a	1 ± 1 ^a	1 ± 1 ^a	3 ± 2 ^{bc}
těsto	70	2	2 ± 1 ^a	2 ± 1 ^{ab}	3 ± 2 ^b	2 ± 1 ^a	4 ± 1 ^c
těsto	75	2	1 ± 1 ^a	2 ± 1 ^a	1 ± 1 ^a	1 ± 1 ^a	4 ± 1 ^c
polotovar	65	1	1 ± 1 ^a	2 ± 1 ^{ab}	2 ± 1 ^a	2 ± 1 ^a	2 ± 1 ^a
polotovar	70	1	1 ± 1 ^a	1 ± 1 ^a	1 ± 1 ^a	2 ± 1 ^a	2 ± 2 ^{ab}
polotovar	75	1	1 ± 1 ^a	4 ± 2 ^c	3 ± 1 ^b	4 ± 1 ^c	3 ± 2 ^{bc}
polotovar	65	2	1 ± 2 ^a	3 ± 2 ^b	3 ± 2 ^b	3 ± 1 ^c	4 ± 1 ^c
polotovar	70	2	1 ± 1 ^a	3 ± 1 ^b	1 ± 1 ^a	2 ± 1 ^{ab}	3 ± 2 ^{bc}
polotovar	75	2	1 ± 1 ^a	3 ± 2 ^b	2 ± 1 ^{ab}	4 ± 1 ^c	4 ± 2 ^{cd}
standard	65	1	8 ± 2 ^{de}	7 ± 1 ^f	5 ± 1 ^{ef}	5 ± 1 ^{cd}	7 ± 1 ^{fg}
standard	70	1	8 ± 2 ^{de}	7 ± 1 ^f	6 ± 2 ^{fg}	6 ± 2 ^d	7 ± 2 ^{fg}
standard	75	1	8 ± 1 ^{de}	7 ± 2 ^f	7 ± 3 ^g	6 ± 1 ^d	8 ± 3 ^g

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% přídavku 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 významně 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 přidavek 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 přídatku 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 přídávku 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 přidavek zlepšujících složek obsažených v receptuře č. 2 zvýší specifický objem bezlepkového pečiva, byla prokázána u amarantového pečiva vyrobeného ze zmrazeného těsta (u všech přídávků vody) a u pohankového pečiva vyrobeného ze zmrazeného těsta a polotovaru při přídávce vody 75 %.
- mrazení všech testovaných druhů bezlepkového pečiva mělo negativní vliv na texturní vlastnosti.
- recepturní přídavek vody měl statisticky významný vliv na jednotlivé texturní parametry:
 - se zvyšujícím se přídávkem 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 přídávkem 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 přídatkem zlepšujících složek obsažených v receptuře č. 2 zlepší 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 přídatkem 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; GHOUL 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/jcrs.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: Grafický průběh rychlosti zmrazování potravin (Kyzlink, 1990)</i>	10
<i>Obr. 2: Struktura tvorby ledových krystalů (Herausgeber, 1993)</i>	10
<i>Obr. 3: Schema výroby předpečených pekařských výrobků</i>	11
<i>Obr. 4: Vzorek těsta umístěný do teflonové formy (Dunnewind et al., 2003)</i>	18
<i>Obr. 5: Schéma tahové deformace těsta (Dunnewind et al., 2003)</i>	19
<i>Obr. 6: Grafické znázornění TPA (Rosenthal, 2010).....</i>	20
<i>Obr. 7: Závislost napětí amarantového těsta na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídatky vody do těsta</i>	29
<i>Obr. 8: Závislost Henckeho deformace amarantového těsta na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídatky vody do těsta</i>	29
<i>Obr. 9: Závislost Elongační viskozity amarantového těsta na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídatky vody do těsta</i>	30
<i>Obr. 10: 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 přídatky vody do těsta</i>	31
<i>Obr. 11: Závislost Plochy pod tahovou křivkou amarantového těsta na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídatky vody do těsta</i>	31
<i>Obr. 12: Závislost Tažnosti amarantového těsta na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídatky vody do těsta</i>	32
<i>Obr. 13: Závislost Poměrového čísla amarantového těsta na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídatky vody do těsta</i>	32
<i>Obr. 14: Závislost napětí cizrnového těsta na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídatky vody do těsta</i>	33
<i>Obr. 15: Závislost Henckeho deformace cizrnového těsta na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídatky vody do těsta</i>	34
<i>Obr. 16: Závislost Elongační viskozity cizrnového těsta na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídatky vody do těsta</i>	34
<i>Obr. 17: 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 přídatky vody do těsta</i>	35

<i>Obr. 18: Závislost Plochy pod tahovou křivkou cizrnového těsta na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídatky vody do těsta.....</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 19: Závislost Tažnosti cizrnového těsta na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídatky vody do těsta.....</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 20: Závislost Poměrového čísla cizrnového těsta na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídatky vody do těsta.....</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 21: Závislost napětí pohankového těsta na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídatky vody do těsta.....</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 22: Závislost Henckeho deformace pohankového těsta na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídatky vody do těsta.....</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 23: Závislost Elongační viskozity pohankového těsta na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídatky vody do těsta.....</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 24: 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 přídatky vody do těsta.....</i>	<i>40</i>
<i>Obr. 25: Závislost Plochy pod tahovou křivkou pohankového těsta na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídatky vody do těsta.....</i>	<i>40</i>
<i>Obr. 26: Závislost Tažnosti pohankového těsta na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídatky vody do těsta.....</i>	<i>41</i>
<i>Obr. 27: Závislost Poměrového čísla pohankového těsta na jednotlivých formách vzorků: R1: těsto dle receptury č. 1; R2: těsto dle receptury č. 2; 65-75: procentuální přídatky vody do těsta.....</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 28: Závislost specifického objemu na použitém druhu mouky.....</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 29: Závislost specifického objemu na použitém druhu receptury: 1: receptura č. 1; 2: receptura č. 2; S: standard (čerstvě upečené pečivo).</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 30: Závislost specifického objemu na přídatku vody</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 31: Závislost specifického objemu na typu výrobku</i>	<i>44</i>
<i>Obr. 32: 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 přídatky vody do těsta</i>	<i>45</i>
<i>Obr. 33: 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 přídatky vody do těsta</i>	<i>46</i>

<i>Obr. 34: 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>	47
<i>Obr. 35: Závislost tvrdosti 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</i>	48
<i>Obr. 36: 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</i>	49
<i>Obr. 37: 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>	50
<i>Obr. 38: Závislost žvýkatelnosti 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</i>	51
<i>Obr. 39: 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>	52
<i>Obr. 40: 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>	52
<i>Obr. 41: 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>	53
<i>Obr. 42: Závislost žvýkatelnosti 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>	54
<i>Obr. 43: 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>	55
<i>Obr. 44: 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>	56
<i>Obr. 45: Závislost elasticity pohankového pečiva na jednotlivých formách vzorků: T: pečivo ze zmrazeného těsta; P: pečivo ze zmrazeného polotovaru; S:</i>	

<i>standard (čerstvě upečené pečivo); 65-75: procentuální přídavky vody do těsta</i>	57
<i>Obr. 46: Závislost žvýkatelnosti 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>	58

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**; HŘIVNA, 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 (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

Příloha A: Výsledky extenzografických vlastností

Tab. 1: Průměrné hodnoty napětí, Henckeho deformace a elongační viskozity v okamžiku přetržení amarantového těsta při tahové zkoušce

Zmrazení	Přídavek vody %	Receptura	Napětí (kPa)	Henckeho deformace	Elongační viskozita 10^{-3} (kPa.s)
před	65	1	$4,9 \pm 0,8^d$	$0,72 \pm 0,12^{bc}$	130 ± 10^d
po	65	1	$16,4 \pm 0,7^h$	$0,73 \pm 0,01^{bc}$	230 ± 4^g
před	70	1	$6,6 \pm 0,6^f$	$0,71 \pm 0,24^{bc}$	90 ± 6^b
po	70	1	$10,8 \pm 0,4^g$	$0,75 \pm 0,01^{bc}$	160 ± 6^c
před	75	1	$2,2 \pm 0,6^a$	$0,69 \pm 0,02^b$	110 ± 16^{cd}
po	75	1	$10,9 \pm 0,7^g$	$0,74 \pm 0,01^{bc}$	160 ± 4^e
před	65	2	$10,7 \pm 0,3^g$	$0,72 \pm 0,01^a$	140 ± 12^e
po	65	2	$9,1 \pm 0,6^f$	$0,74 \pm 0,01^a$	110 ± 12^d
před	70	2	$9,7 \pm 0,1^f$	$0,73 \pm 0,02^a$	120 ± 11^d
po	70	2	$9,6 \pm 0,6^f$	$0,72 \pm 0,01^a$	120 ± 7^d
před	75	2	$6,8 \pm 0,5^d$	$0,74 \pm 0,01^a$	100 ± 5^{bc}
po	75	2	$5,0 \pm 0,4^c$	$0,73 \pm 0,01^a$	60 ± 4^a

^aHodnoty označené různými písmeny se statisticky liší na hladině $p < 0,01$

Tab. 2: Průměrné hodnoty napětí, Henckeho deformace a elongační viskozity v okamžiku přetržení cizrnového těsta při tahové zkoušce

Zmrazení	Přídavek vody %	Receptura	Napětí (kPa)	Henckeho deformace	Elongační viskozita 10^{-3} (kPa.s)
před	65	1	$3,5 \pm 0,2^b$	$0,72 \pm 0,02^{bc}$	70 ± 19^a
po	65	1	$5,6 \pm 0,5^{ef}$	$0,74 \pm 0,02^{bc}$	140 ± 14^e
před	70	1	$3,3 \pm 0,3^b$	$0,77 \pm 0,01^{bc}$	50 ± 3^a
po	70	1	$6,1 \pm 0,4^{ef}$	$0,84 \pm 0,10^c$	180 ± 23^f
před	75	1	$3,5 \pm 0,1^b$	$0,75 \pm 0,04^{bc}$	60 ± 5^a
po	75	1	$5,3 \pm 0,6^{de}$	$0,78 \pm 0,03^{bc}$	110 ± 7^c
před	65	2	$6,5 \pm 0,2^d$	$0,77 \pm 0,02^{ab}$	120 ± 6^d
po	65	2	$3,3 \pm 0,2^a$	$0,73 \pm 0,03^a$	60 ± 13^a
před	70	2	$4,5 \pm 1,2^c$	$0,73 \pm 0,05^a$	110 ± 4^d
po	70	2	$3,8 \pm 0,2^b$	$0,80 \pm 0,05^b$	60 ± 5^a
před	75	2	$3,3 \pm 0,4^a$	$0,80 \pm 0,06^b$	60 ± 3^a
po	75	2	$3,8 \pm 0,2^{ab}$	$0,83 \pm 0,04^b$	60 ± 2^a

^aHodnoty označené různými písmeny se statisticky liší na hladině $p < 0,01$

Tab. 3: Průměrné hodnoty napětí, Henckyho deformace a elongační viskozity v okamžiku přetržení pohankového těsta při tahové zkoušce

Zmrazení	Přídavek vody %	Receptura	Napětí (kPa)	Henckyho deformace	Elongační viskozita 10 ⁻³ (kPa.s)
před	65	1	2,2 ± 0,1 ^a	0,51 ± 0,20 ^a	80 ± 1 ^b
po	65	1	6,2 ± 0,2 ^f	0,76 ± 0,02 ^{bc}	140 ± 5 ^e
před	70	1	4,2 ± 0,8 ^c	0,68 ± 0,08 ^b	60 ± 9 ^a
po	70	1	4,3 ± 0,5 ^c	0,79 ± 0,04 ^{bc}	100 ± 7 ^c
před	75	1	3,7 ± 0,6 ^{bc}	0,72 ± 0,01 ^{bc}	70 ± 1 ^b
po	75	1	4,5 ± 0,5 ^{cd}	0,80 ± 0,03 ^{bc}	90 ± 9 ^b
před	65	2	4,9 ± 0,4 ^c	0,79 ± 0,01 ^b	90 ± 4 ^b
po	65	2	4,2 ± 0,3 ^b	0,74 ± 0,01 ^a	70 ± 5 ^a
před	70	2	3,2 ± 0,4 ^a	0,82 ± 0,03 ^b	60 ± 4 ^a
po	70	2	8,1 ± 0,3 ^e	0,72 ± 0,01 ^a	110 ± 6 ^{cd}
před	75	2	3,3 ± 0,1 ^a	0,84 ± 0,01 ^b	60 ± 4 ^a
po	75	2	3,6 ± 0,4 ^a	0,77 ± 0,05 ^b	60 ± 9 ^a

^aHodnoty označené různými písmeny se statisticky liší na hladině $p < 0,01$

Tab. 4: Průměrné hodnoty extenzografických charakteristik amarantového těsta

Zmrazení	Přídavek vody %	Receptura	R (N)	A (N.mm)	E (mm)	R/E (N.mm ⁻¹)
před	65	1	0,36 ± 0,06 ^e	1,28 ± 0,12 ^g	15,6 ± 0,5 ^a	0,0234 ± 0,0035 ^e
po	65	1	0,22 ± 0,02 ^d	0,24 ± 0,03 ^b	17,7 ± 0,4 ^d	0,0126 ± 0,0014 ^{cd}
před	70	1	0,23 ± 0,03 ^d	1,07 ± 0,12 ^f	16,1 ± 0,6 ^{ab}	0,0143 ± 0,0016 ^d
po	70	1	0,18 ± 0,02 ^b	0,31 ± 0,07 ^b	16,8 ± 0,3 ^c	0,0107 ± 0,0014 ^c
před	75	1	0,33 ± 0,06 ^e	1,45 ± 0,09 ^h	15,4 ± 0,1 ^a	0,0217 ± 0,0038 ^e
po	75	1	0,13 ± 0,01 ^a	0,17 ± 0,03 ^a	17,3 ± 0,1 ^{cd}	0,0075 ± 0,0006 ^b
před	65	2	0,30 ± 0,02 ^g	0,52 ± 0,06 ^c	14,5 ± 0,1 ^{ab}	0,0205 ± 0,0014 ^c
po	65	2	0,41 ± 0,04 ^h	0,80 ± 0,13 ^e	15,8 ± 0,4 ^{cd}	0,0262 ± 0,0031 ^f
před	70	2	0,26 ± 0,01 ^f	0,45 ± 0,03 ^c	14,6 ± 0,7 ^{ab}	0,0180 ± 0,0004 ^d
po	70	2	0,28 ± 0,01 ^{fg}	0,52 ± 0,01 ^{cd}	16,6 ± 0,3 ^{de}	0,0169 ± 0,0009 ^d
před	75	2	0,19 ± 0,01 ^e	0,40 ± 0,01 ^b	15,1 ± 0,2 ^{bc}	0,0123 ± 0,0009 ^c
po	75	2	0,29 ± 0,01 ^g	0,62 ± 0,13 ^d	16,3 ± 0,4 ^d	0,0181 ± 0,0007 ^d

^aHodnoty označené různými písmeny se statisticky liší na hladině $p < 0,01$

Tab. 5: Průměrné hodnoty extenzografických charakteristik cizrnového těsta

Zmrazení	Přídavek vody %	Receptura	R (N)	A (N.mm)	E (mm)	R/E (N.mm ⁻¹)
před	65	1	0,10 ± 0,01 ^a	1,00 ± 0,07 ^{ef}	16,4 ± 0,1 ^b	0,0059 ± 0,0005 ^{ab}
po	65	1	0,09 ± 0,01 ^a	0,18 ± 0,11 ^a	18,1 ± 0,9 ^d	0,0051 ± 0,0006 ^{ab}
před	70	1	0,10 ± 0,01 ^a	0,35 ± 0,05 ^b	18,9 ± 0,2 ^e	0,0050 ± 0,0001 ^{ab}
po	70	1	0,09 ± 0,01 ^a	0,12 ± 0,04 ^a	20,4 ± 0,8 ^f	0,0044 ± 0,0002 ^a
před	75	1	0,09 ± 0,01 ^a	0,66 ± 0,07 ^{cd}	17,9 ± 0,2 ^d	0,0050 ± 0,0008 ^a
po	75	1	0,08 ± 0,01 ^a	0,07 ± 0,03 ^a	20,3 ± 0,1 ^f	0,0045 ± 0,0004 ^a
před	65	2	0,20 ± 0,03 ^e	0,47 ± 0,05 ^c	16,2 ± 0,6 ^d	0,0127 ± 0,0020 ^c
po	65	2	0,21 ± 0,03 ^e	0,74 ± 0,09 ^e	17,4 ± 0,7 ^e	0,0119 ± 0,0014 ^c
před	70	2	0,15 ± 0,01 ^d	0,46 ± 0,02 ^c	13,8 ± 0,7 ^a	0,0112 ± 0,0005 ^c
po	70	2	0,18 ± 0,1 ^e	0,47 ± 0,08 ^c	17,5 ± 0,6 ^e	0,0104 ± 0,0011 ^c
před	75	2	0,09 ± 0,01 ^{ab}	0,20 ± 0,07 ^a	18,3 ± 0,5 ^f	0,0050 ± 0,0004 ^a
po	75	2	0,15 ± 0,01 ^d	0,38 ± 0,06 ^b	18,8 ± 1,1 ^f	0,0080 ± 0,0002 ^b

^aHodnoty označené různými písmeny se statisticky liší na hladině $p < 0,01$

Tab. 6: Průměrné hodnoty extenzografických charakteristik pohankového těsta

Zmrazení	Přídavek vody %	Receptura	R (N)	A (N.mm)	E (mm)	R/E (N.mm ⁻¹)
před	65	1	0,18 ± 0,02 ^{bc}	0,74 ± 0,03 ^d	16,1 ± 0,1 ^{ab}	0,0111 ± 0,0015 ^c
po	65	1	0,10 ± 0,01 ^a	0,21 ± 0,02 ^{ab}	17,6 ± 0,7 ^d	0,0059 ± 0,0001 ^{ab}
před	70	1	0,22 ± 0,02 ^{cd}	0,57 ± 0,13 ^c	16,8 ± 0,1 ^c	0,0122 ± 0,0008 ^{cd}
po	70	1	0,10 ± 0,02 ^a	0,26 ± 0,03 ^b	18,1 ± 0,5 ^d	0,0059 ± 0,0001 ^{ab}
před	75	1	0,10 ± 0,01 ^a	0,89 ± 0,09 ^e	16,1 ± 0,6 ^{ab}	0,0065 ± 0,0006 ^{ab}
po	75	1	0,09 ± 0,01 ^a	0,13 ± 0,02 ^a	20,5 ± 0,1 ^f	0,0045 ± 0,0003 ^a
před	65	2	0,14 ± 0,01 ^{cd}	0,31 ± 0,04 ^b	16,8 ± 0,3 ^e	0,0084 ± 0,0005 ^b
po	65	2	0,20 ± 0,01 ^e	0,51 ± 0,01 ^c	16,9 ± 0,6 ^e	0,0115 ± 0,0004 ^c
před	70	2	0,09 ± 0,01 ^a	0,19 ± 0,03 ^a	17,3 ± 0,2 ^e	0,0053 ± 0,0004 ^a
po	70	2	0,12 ± 0,01 ^c	0,30 ± 0,06 ^b	18,8 ± 0,5 ^f	0,0066 ± 0,0005 ^b
před	75	2	0,09 ± 0,01 ^a	0,20 ± 0,03 ^a	18,8 ± 0,5 ^f	0,0048 ± 0,0005 ^a
po	75	2	0,12 ± 0,01 ^{bc}	0,26 ± 0,05 ^a	19,0 ± 0,9 ^f	0,0062 ± 0,0005 ^a

^aHodnoty označené různými písmeny se statisticky liší na hladině $p < 0,01$

Příloha B: Výsledky specifického objemu

Tab. 1: Hodnoty specifického objemu pro amarantové pečivo

Forma	Přídavek vody %	Receptura	Specifický objem ml/g
těsto	65	1	0,92 ± 0,01 ^{ab}
těsto	70	1	0,97 ± 0,03 ^c
těsto	75	1	0,96 ± 0,02 ^c
těsto	65	2	0,95 ± 0,01 ^c
těsto	70	2	0,99 ± 0,01 ^{de}
těsto	75	2	1,00 ± 0,02 ^e
polotovar	65	1	0,94 ± 0,03 ^{bc}
polotovar	70	1	0,98 ± 0,01 ^d
polotovar	75	1	0,98 ± 0,03 ^{de}
polotovar	65	2	0,92 ± 0,02 ^{ab}
polotovar	70	2	0,91 ± 0,02 ^a
polotovar	75	2	0,94 ± 0,03 ^{bc}
standard	65	S	1,01 ± 0,01 ^e
standard	70	S	1,00 ± 0,01 ^{de}
standard	75	S	1,09 ± 0,02 ^f

^aHodnoty označené různými písmeny se statisticky liší na hladině $p < 0,01$

Tab. 2: Hodnoty specifického objemu pro cizrnové pečivo

Forma	Přídavek vody %	Receptura	Specifický objem ml/g
těsto	65	1	1,01 ± 0,03 ^b
těsto	70	1	0,93 ± 0,03 ^a
těsto	75	1	1,05 ± 0,02 ^b
těsto	65	2	1,02 ± 0,02 ^b
těsto	70	2	0,94 ± 0,03 ^a
těsto	75	2	1,04 ± 0,02 ^b
polotovar	65	1	1,18 ± 0,02 ^e
polotovar	70	1	1,06 ± 0,03 ^c
polotovar	75	1	1,12 ± 0,03 ^d
polotovar	65	2	1,07 ± 0,02 ^c
polotovar	70	2	0,96 ± 0,03 ^a
polotovar	75	2	1,03 ± 0,02 ^b
standard	65	S	1,19 ± 0,01 ^e
standard	70	S	1,25 ± 0,01 ^f
standard	75	S	1,33 ± 0,01 ^g

^aHodnoty označené různými písmeny se statisticky liší na hladině $p < 0,01$

Tab. 3: Hodnoty specifického objemu pro pohankové pečivo

Forma	Přídavek vody %	Receptura	Specifický objem ml/g
těsto	65	1	1,01 ± 0,04 ^a
těsto	70	1	1,02 ± 0,01 ^b
těsto	75	1	1,04 ± 0,01 ^c
těsto	65	2	0,99 ± 0,02 ^a
těsto	70	2	1,00 ± 0,02 ^a
těsto	75	2	1,10 ± 0,01 ^d
polotovar	65	1	0,99 ± 0,01 ^a
polotovar	70	1	1,02 ± 0,01 ^a
polotovar	75	1	1,10 ± 0,01 ^d
polotovar	65	2	0,99 ± 0,01 ^a
polotovar	70	2	1,00 ± 0,02 ^a
polotovar	75	2	1,12 ± 0,03 ^e
standard	65	S	1,32 ± 0,01 ^f
standard	70	S	1,34 ± 0,01 ^f
standard	75	S	1,37 ± 0,01 ^g

^aHodnoty označené různými písmeny se statisticky liší na hladině $p < 0,01$

Tab. 4: specifický objem dle typu mouky

	Mouka	Specifický objem [ml/g]
1	amarantová	0,96 ± 0,04 ^a
2	cizrnová	1,05 ± 0,94 ^b
3	pohanková	1,05 ± 0,97 ^b

^aHodnoty označené různými písmeny se statisticky liší na hladině $p < 0,01$

Tab. 5: specifický objem dle zvolené receptury

	Receptura	Specifický objem [ml/g]
1	1	1,00 ± 0,06 ^a
2	2	1,01 ± 0,07 ^b
3	Standard	1,21 ± 0,14 ^c

^aHodnoty označené různými písmeny se statisticky liší na hladině $p < 0,01$

Tab. 6: specifický objem dle přídavku vody

	Přídavek vody %	Specifický objem [ml/g]
1	65	0,99 ± 0,08 ^a
2	70	1,01 ± 0,09 ^b
3	75	1,06 ± 0,09 ^c

^aHodnoty označené různými písmeny se statisticky liší na hladině $p < 0,01$

Tab. 7: specifický objem dle typu výrobku

	Typ výrobku	Specifický objem [ml/g]
1	těsto	$1,00 \pm 0,05^a$
2	polotovar	$1,02 \pm 0,06^b$
3	standard	$1,21 \pm 0,14^c$

^aHodnoty označené různými písmeny se statisticky liší na hladině $p < 0,01$

Příloha C: Výsledky texturní analýzy

Tab. 1: Hodnoty tvrdosti pro amarantové pečivo

Forma	Přídavek vody %	Receptura	Tvrdość (N)
těsto	65	1	98 ± 9 ^{de}
těsto	70	1	40 ± 20 ^{ab}
těsto	75	1	39 ± 9 ^{ab}
těsto	65	2	60 ± 10 ^c
těsto	70	2	32 ± 11 ^{ab}
těsto	75	2	35 ± 1 ^{ab}
polotovar	65	1	14 ± 1 ^{ab}
polotovar	70	1	9 ± 3 ^a
polotovar	75	1	28 ± 1 ^{ab}
polotovar	65	2	20 ± 5 ^{ab}
polotovar	70	2	12 ± 4 ^a
polotovar	75	2	34 ± 1 ^{ab}
standard	65	S	100 ± 20 ^{de}
standard	70	S	74 ± 2 ^{cd}
standard	75	S	40 ± 10 ^{ab}

^aHodnoty označené různými písmeny se statisticky liší na hladině $p < 0,01$

Tab. 2: Hodnoty tvrdosti pro cizrnové pečivo

Forma	Přídavek vody %	Receptura	Tvrdość (N)
těsto	65	1	-
těsto	70	1	340 ± 40 ^h
těsto	75	1	270 ± 30 ^g
těsto	65	2	-
těsto	70	2	320 ± 20 ^h
těsto	75	2	160 ± 40 ^e
polotovar	65	1	-
polotovar	70	1	220 ± 30 ^f
polotovar	75	1	60 ± 20 ^c
polotovar	65	2	-
polotovar	70	2	130 ± 30 ^e
polotovar	75	2	50 ± 20 ^{bc}
standard	65	S	170 ± 10 ^e
standard	70	S	134 ± 9 ^e
standard	75	S	107 ± 13 ^{de}

^aHodnoty označené různými písmeny se statisticky liší na hladině $p < 0,01$

Tab. 3: Hodnoty tvrdosti pro pohankové pečivo

Forma	Přídavek vody %	Receptura	Tvrdość (N)
těsto	65	1	78 ± 1 ^{cd}
těsto	70	1	70 ± 30 ^c
těsto	75	1	120 ± 50 ^e
těsto	65	2	70 ± 30 ^c
těsto	70	2	-
těsto	75	2	150 ± 20 ^e
polotovar	65	1	130 ± 1 ^e
polotovar	70	1	-
polotovar	75	1	110 ± 10 ^{de}
polotovar	65	2	60 ± 10 ^c
polotovar	70	2	50 ± 10 ^{bc}
polotovar	75	2	50 ± 10 ^{bc}
standard	65	S	57 ± 3 ^{bc}
standard	70	S	66 ± 2 ^c
standard	75	S	44 ± 7 ^{ab}

^aHodnoty označené různými písmeny se statisticky liší na hladině p < 0,01

Tab. 4: Hodnoty kohezivnosti pro amarantové pečivo

Forma	Přídavek vody %	Receptura	Kohezivnost (N)
těsto	65	1	68 ± 3 ^f
těsto	70	1	69 ± 3 ^f
těsto	75	1	69 ± 1 ^f
těsto	65	2	66 ± 5 ^f
těsto	70	2	68 ± 3 ^f
těsto	75	2	63 ± 1 ^{ef}
polotovar	65	1	33 ± 6 ^a
polotovar	70	1	44 ± 5 ^b
polotovar	75	1	53 ± 1 ^{cd}
polotovar	65	2	32 ± 3 ^a
polotovar	70	2	40 ± 7 ^{ab}
polotovar	75	2	42 ± 1 ^{ab}
standard	65	S	68 ± 1 ^f
standard	70	S	70 ± 1 ^{fg}
standard	75	S	72 ± 1 ^{fg}

^aHodnoty označené různými písmeny se statisticky liší na hladině p < 0,01

Tab. 5: Hodnoty kohezivnosti pro cizrnové pečivo

Forma	Přídavek vody %	Receptura	Kohezivnost (N)
těsto	65	1	-
těsto	70	1	65 ± 4 ^{ef}
těsto	75	1	71 ± 5 ^{fg}
těsto	65	2	-
těsto	70	2	42 ± 5 ^b
těsto	75	2	61 ± 5 ^e
polotovar	65	1	-
polotovar	70	1	41 ± 3 ^{ab}
polotovar	75	1	55 ± 4 ^d
polotovar	65	2	-
polotovar	70	2	32 ± 5 ^a
polotovar	75	2	47 ± 5 ^{bc}
standard	65	S	68 ± 2 ^f
standard	70	S	67 ± 1 ^f
standard	75	S	66 ± 3 ^f

^aHodnoty označené různými písmeny se statisticky liší na hladině $p < 0,01$

Tab. 6: Hodnoty kohezivnosti pro pohankové pečivo

Forma	Přídavek vody %	Receptura	Kohezivnost (N)
těsto	65	1	47 ± 1 ^{bc}
těsto	70	1	69 ± 7 ^f
těsto	75	1	74 ± 8 ^{fg}
těsto	65	2	66 ± 5 ^f
těsto	70	2	-
těsto	75	2	71 ± 3 ^{fg}
polotovar	65	1	57 ± 1 ^{de}
polotovar	70	1	-
polotovar	75	1	68 ± 2 ^f
polotovar	65	2	53 ± 2 ^{cd}
polotovar	70	2	61 ± 7 ^e
polotovar	75	2	68 ± 4 ^f
standard	65	S	79 ± 2 ^g
standard	70	S	73 ± 2 ^{fg}
standard	75	S	75 ± 1 ^g

^aHodnoty označené různými písmeny se statisticky liší na hladině $p < 0,01$

Tab. 7: Hodnoty elasticity pro amarantové pečivo

Forma	Přídavek vody %	Receptura	Elasticita (mm)
těsto	65	1	38 ± 2 ^e
těsto	70	1	36 ± 1 ^e
těsto	75	1	34 ± 1 ^{de}
těsto	65	2	38 ± 3 ^e
těsto	70	2	34 ± 2 ^{de}
těsto	75	2	33 ± 1 ^{cd}
polotovar	65	1	18 ± 2 ^{ab}
polotovar	70	1	17 ± 1 ^a
polotovar	75	1	26 ± 1 ^{bc}
polotovar	65	2	19 ± 1 ^{ab}
polotovar	70	2	18 ± 3 ^a
polotovar	75	2	20 ± 1 ^{ab}
standard	65	S	37 ± 1 ^e
standard	70	S	34 ± 2 ^{de}
standard	75	S	33 ± 1 ^{de}

^aHodnoty označené různými písmeny se statisticky liší na hladině $p < 0,01$

Tab. 8: Hodnoty elasticity pro cizrnové pečivo

Forma	Přídavek vody %	Receptura	Elasticita (mm)
těsto	65	1	-
těsto	70	1	47 ± 9 ^f
těsto	75	1	47 ± 4 ^f
těsto	65	2	-
těsto	70	2	27 ± 3 ^c
těsto	75	2	38 ± 3 ^e
polotovar	65	1	-
polotovar	70	1	27 ± 2 ^c
polotovar	75	1	29 ± 3 ^{cd}
polotovar	65	2	-
polotovar	70	2	20 ± 2 ^{ab}
polotovar	75	2	24 ± 2 ^b
standard	65	S	43 ± 3 ^f
standard	70	S	42 ± 1 ^f
standard	75	S	42 ± 2 ^f

^aHodnoty označené různými písmeny se statisticky liší na hladině $p < 0,01$

Tab. 9: Hodnoty elasticity pro pohankové pečivo

Forma	Přídavek vody %	Receptura	Elasticita (mm)
těsto	65	1	29 ± 1 ^{cd}
těsto	70	1	44 ± 5 ^f
těsto	75	1	52 ± 6 ^g
těsto	65	2	43 ± 3 ^f
těsto	70	2	-
těsto	75	2	46 ± 3 ^f
polotovar	65	1	36 ± 1 ^e
polotovar	70	1	-
polotovar	75	1	46 ± 2 ^f
polotovar	65	2	31 ± 3 ^{cd}
polotovar	70	2	38 ± 7 ^e
polotovar	75	2	43 ± 4 ^f
standard	65	S	53 ± 2 ^g
standard	70	S	48 ± 1 ^{fg}
standard	75	S	52 ± 1 ^g

^aHodnoty označené různými písmeny se statisticky liší na hladině $p < 0,01$

Tab. 10: Hodnoty žvýkatelnosti pro amarantové pečivo

Forma	Přídavek vody %	Receptura	Žvýkatelnost (N)
těsto	65	1	5600 ± 800 ^d
těsto	70	1	2000 ± 100 ^{bc}
těsto	75	1	2200 ± 800 ^{bc}
těsto	65	2	3000 ± 200 ^{bc}
těsto	70	2	1300 ± 600 ^{ab}
těsto	75	2	1320 ± 10 ^{ab}
polotovar	65	1	190 ± 20 ^a
polotovar	70	1	300 ± 10 ^a
polotovar	75	1	590 ± 10 ^{ab}
polotovar	65	2	110 ± 10 ^a
polotovar	70	2	200 ± 20 ^a
polotovar	75	2	580 ± 10 ^{ab}
standard	65	S	690 ± 40 ^b
standard	70	S	650 ± 30 ^b
standard	75	S	260 ± 40 ^a

^aHodnoty označené různými písmeny se statisticky liší na hladině $p < 0,01$

Tab. 11: Hodnoty žvýkatelnosti pro cizrnové pečivo

Forma	Přídavek vody %	Receptura	Žvýkatelnost (N)
těsto	65	1	-
těsto	70	1	14000 ± 200 ^g
těsto	75	1	11000 ± 200 ^f
těsto	65	2	-
těsto	70	2	8000 ± 200 ^e
těsto	75	2	6000 ± 200 ^d
polotovar	65	1	-
polotovar	70	1	6000 ± 100 ^d
polotovar	75	1	2000 ± 100 ^{bc}
polotovar	65	2	-
polotovar	70	2	2200 ± 500 ^{bc}
polotovar	75	2	1200 ± 400 ^{ab}
standard	65	S	1550 ± 90 ^b
standard	70	S	1160 ± 90 ^{ab}
standard	75	S	940 ± 80 ^a

^aHodnoty označené různými písmeny se statisticky liší na hladině $p < 0,01$

Tab. 12: Hodnoty žvýkatelnosti pro pohankové pečivo

Forma	Přídavek vody %	Receptura	Žvýkatelnost (N)
těsto	65	1	2330 ± 10 ^{bc}
těsto	70	1	4000 ± 200 ^c
těsto	75	1	6900 ± 600 ^{de}
těsto	65	2	3000 ± 100 ^{bc}
těsto	70	2	-
těsto	75	2	7300 ± 900 ^e
polotovar	65	1	5770 ± 20 ^d
polotovar	70	1	-
polotovar	75	1	5600 ± 600 ^d
polotovar	65	2	2000 ± 100 ^{ab}
polotovar	70	2	1900 ± 200 ^{ab}
polotovar	75	2	2300 ± 500 ^{bc}
standard	65	S	600 ± 30 ^a
standard	70	S	670 ± 20 ^a
standard	75	S	450 ± 30 ^a

^aHodnoty označené různými písmeny se statisticky liší na hladině $p < 0,01$

Příloha D: Dotazník senzorické analýzy

Senzorické hodnocení bezlepkového pečiva

Příjmení:.....
 Jméno:.....
 Datum:.....
 Hodina:.....

Senzorické hodnocení pomocí stupnic (zapište zvolený stupeň 1 – 9)

	Kůrka	Střída			Chuť a vůně
	Vzhled a barva	Vzhled, textura a barva	Pružnost	Pórovitost	
A					
B					
C					
D					
E					

Hodnotitelské schéma pro bezlepkové pečivo:

Kůrka – vzhled, barva

- 9 – vynikající** – neporušený povrch, optimálně vybarvená, typická pro deklarovaný druh, stejnorodá
- 8** – neporušený povrch, optimálně vybarvená, typická pro deklarovaný druh, stejnorodá, ale horší než předchozí stupeň
- 7 – velmi dobrá** – mírná odchylka od vynikající barvy a vzhledu, stejnorodá
- 6** – mírná odchylka od vynikající barvy a vzhledu, stejnorodá, ale již horší než předchozí stupeň
- 5 – dobrá** – stále neporušený povrch, tmavší nebo světlejší než charakteristická barva pro kůrku
- 4** – stále neporušený povrch, tmavší nebo světlejší než charakteristická barva pro kůrku, ale již horší než předchozí stupeň
- 3 – méně dobrá** – mírně porušený nebo potrhaný povrch, barva netypicky světlá nebo tmavá, případné známky připálení, nestejnorodá
- 2** – mírně porušený nebo potrhaný povrch, barva netypicky světlá nebo tmavá, případné známky připálení, nestejnorodá, ale již horší než předchozí stupeň
- 1 – nevyhovující** – výrazně porušený nebo potrhaný povrch, barva bledá nebo příliš tmavá, připálená, nestejnorodá

Střída – vzhled, textura a barva

- 9 – vynikající** – rovnoměrně propečená, homogenní, kyprá, vláčná, měkká, barva stejnorodá, optimálně vybarvená, typická pro deklarovaný druh
- 8** – rovnoměrně propečená, homogenní, kyprá, vláčná, měkká, barva stejnorodá, optimálně vybarvená, typická pro deklarovaný druh, ale již horší než předchozí stupeň
- 7 – velmi dobrá** – mírná odchylka od předchozího stupně, dobře propečená, méně kyprá a vláčná, méně měkká, barva stejnorodá
- 6** – mírná odchylka od předchozího stupně, dobře propečená, méně kyprá a vláčná, méně měkká, barva stejnorodá, ale již horší než předchozí stupeň
- 5 – dobrá** – stále dobře propečená, stále homogenní, mírně suchá, tužší nebo mazlavější, barva světlejší nebo tmavší než charakteristická pro daný druh
- 4** – stále dobře propečená, stále homogenní, mírně suchá, tužší nebo mazlavější, barva světlejší nebo tmavší než charakteristická pro daný druh, ale již horší než předchozí stupeň
- 3 – méně dobrá** – nerovnoměrně propečená, suchá, drobivá nebo naopak mazlavá, tuhá, nesoudržná, barva nestejnorodá, netypicky světlá nebo tmavá
- 2** – nerovnoměrně propečená, suchá, drobivá nebo naopak mazlavá, tuhá, nesoudržná, barva nestejnorodá, netypicky světlá nebo tmavá, ale již horší než předchozí stupeň
- 1 – nevyhovující** – špatně propečená nebo nepropečená, nehomogenní, příliš suchá, rozpadavá nebo naopak silně mazlavá, lepivá, příliš tuhá, vlhké jádro, gumovitá, případně jiné vady, barva nestejnorodá, bledá nebo příliš tmavá, popřípadě připálená

Střída – pružnost

- 9 – vynikající** – dokonale pružná
- 8** – stále dokonale pružná, ale horší než vynikající
- 7 – velmi dobrá** – méně pružná
- 6** – méně pružná, ale horší než velmi dobrá
- 5 – dobrá** – stále pružná
- 4** – stále pružná, ale horší než dobrá
- 3 – méně dobrá** – téměř nepružná
- 2** – téměř nepružná, ale horší než méně dobrá
- 1 – nevyhovující** – nepružná

Střída – pórovitost

- 9 – vynikající** – rovnoměrně pórovitá, tenké stěny pórů, typická pro deklarovaný druh
- 8** – rovnoměrně pórovitá, tenké stěny pórů, typická pro deklarovaný druh, ale horší než vynikající
- 7 – velmi dobrá** – mírná odchylka od vynikající, stále typická pro deklarovaný druh
- 6** – mírná odchylka od vynikající, stále typická pro deklarovaný druh, ale horší než velmi dobrá
- 5 – dobrá** – méně rovnoměrně pórovitá, póry malé nebo naopak velké, částečně nepravidelné
- 4** – méně rovnoměrně pórovitá, póry malé nebo naopak velké, částečně nepravidelné, ale horší než dobrá
- 3 – méně dobrá** – póry příliš malé nebo příliš velké, nepravidelné, popraskaná střída
- 2** – póry příliš malé nebo příliš velké, nepravidelné, popraskaná střída, ale horší než méně dobrá
- 1 – nevyhovující** – nerovnoměrná pórovitost, velké dutiny, hrubé stěny, výrazně popraskaná střída, popřípadě odtržená od kůrky

Chuť a vůně

9 – vynikající – charakteristická chlebová, příjemně navinulá s jemným pocitem vlhkosti, dostatečně výrazná, čistá, bez cizích pachutí

8 – charakteristická chlebová, příjemně navinulá s jemným pocitem vlhkosti, dostatečně výrazná, čistá, bez cizích pachutí, ale horší než vynikající

7 – velmi dobrá – čistá, chlebová, méně výrazná, bez cizích pachutí

6 – čistá, chlebová, méně výrazná, bez cizích pachutí, ale horší než velmi dobrá

5 – dobrá – málo výrazná, prázdná, málo harmonická, bez cizích pachutí

4 – málo výrazná, prázdná, málo harmonická, bez cizích pachutí, ale horší než dobrá

3 – méně dobrá – mdlá, nevýrazná, neharmonická, příp. mírně znatelné cizí pachuti – kyselejší, slanější, připálená

2 – mdlá, nevýrazná, neharmonická, příp. mírně znatelné cizí pachuti – kyselejší, slanější, připálená, ale horší než méně dobrá

1 – nevyhovující – cizí, netypická, např. sladová, nažluklá, neslaná nebo přesolená až nahořklá, příliš kyselá, kvasničná a jiné vady

Ing. Lucie Pernikářová

Zlepšení kvality a prodloužení trvanlivosti pečiva vyrobeného ze zmrazeného polotovaru

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

Disertační práce

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

Publikace neprošla jazykovou ani redakční úpravou.

Rok vydání 2020