

Vliv zmrazení na reologické vlastnosti těsta

Kamila Kubíčková

Bakalářská práce
2016



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Kamila Kubíčková**

Osobní číslo: **T130099**

Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**

Studijní obor: **Chemie a technologie potravin**

Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Vliv zmrazení na reologické vlastnosti těsta**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Bezlepkové mouky používané při výrobě pečiva
2. Výroba pečiva ze zmrazeného polotovaru
3. Vliv zmrazení na vlastnosti těsta

II. Praktická část

1. Charakteristika použité mouky
2. Metodika přípravy těsta, jeho zmrazování a přípravy pečiva
3. Popis získaných výsledků
4. Formulace závěrů práce

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] BUREŠOVÁ, I., KRÁČMAR, S., DVOŘÁKOVÁ, P., & STŽEDA, T. (2014). The relationship between rheological characteristics of gluten-free dough and the quality of biologically leavened bread. *Journal of Cereal Science*, 60(2), 271-275.

[2] DEMIRKESEN, I., MERT, B., SUMNU, G., & SAHIN, S. (2010). Rheological properties of gluten-free bread formulations. *Journal of Food Engineering*, 96(2), 295-303.

[3] LERAY, G., OLLETE, B., MEZAIZE, S., CHEVALLIER, S., & de LAMBALLERIE, M. (2010). Effects of freezing and frozen storage conditions on the rheological properties of different formulations of non-yeasted wheat and gluten-free bread dough. *Journal of Food Engineering*, 100(1), 70-76.

[4] SCIARINI, L. S., RIBOTTA, P. D., LEÓN, A. E., & PÉREZ, G. T. (2010). Influence of gluten-free flours and their mixtures on batter properties and bread quality. *Food and Bioprocess Technology*, 3(4), 577-585.

Vedoucí bakalářské práce:

doc. RNDr. Iva Burešová, Ph.D.

Ústav technologie potravin

Datum zadání bakalářské práce:

2. února 2016

Termín odevzdání bakalářské práce:

4. května 2016

Ve Zlíně dne 2. února 2016



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: KUBIČKOVÁ KAMILA

Obor: CHTP

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 28. 4. 2016

Kubičková

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevýdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce bylo zjistit vliv zmrazení bezlepkových těst na změnu jejich reologických vlastností a určit nejvhodnější přídavek vody do zmrazovaných bezlepkových těst. K tomuto pokusu byly použity vzorky těsta připraveného z amarantové, pohankové a cizrnové mouky. Ze všech tří druhů mouk byly vytvořeny tři receptury lišící se přídavkem vody. Měřená těsta obsahovala 65 %, 70 % a 75 % vody vztažené na hmotnost použité mouky.

Bezlepková těsta byla namáhána tahem na přístroji *SMS/Kieffer extensibility rig*. Hodnotnými veličinami bylo napětí, které je těsto schopné zadržet, než dojde k přetržení daného vzorku, Henckyho deformace a maximální natažení těsta. Naměřené hodnoty u zmrazených vzorků byly porovnány s hodnotami naměřenými u vzorků před zmrazením.

Chování bezlepkových těst je značně odlišné od pšeničného těsta. U zmrazených pšeničných těst dochází s rostoucím přídavkem vody ke zhoršování reologických vlastností. Také zmrazením pšeničného těsta se zhoršují jeho reologické vlastnosti.

U bezlepkových těst nebyl tento trend potvrzen. Naopak bezlepková těsta, která byla podrobena šokovému zmrazení a šetrnému rozmrazení vykazovala zlepšení reologických vlastností. U zmrazeného amarantového těsta byla nejvhodnější receptura s obsahem vody 65 %, u pohankového těsta 75 % a u cizrnového těsta receptura se 70 % vody. Neexistuje univerzální obsah vody, který by byl nejvhodnější pro zmrazování všech bezlepkových těst, vždy záleží na druhu použité mouky.

Klíčová slova: bezlepkové mouky, těsto, reologické vlastnosti, zmrazování, namáhání tahem

ABSTRACT

The aim of this thesis was to determine how freezing affects the rheological properties of gluten-free doughs, and also to identify the most appropriate added water ratio in frozen gluten-free dough. Samples of amaranth, buckwheat and chickpea flour were used in the test. For each sample, three formulas with different amount of water were devised. The

measured samples contained 65 %, 70 %, and 75 % of water based on the weight of flour used.

Gluten-free dough was strained by pulling on the *SMS / Kieffer extensibility rig* device.

The evaluated variables were tension retainable by dough before breaking of the sample, the Hencky strain, and the maximum extent the dough can be stretched to. Measured values on frozen samples were compared to values measured on the samples before freezing.

The behavior of gluten-free dough is considerably different from that of wheat dough. For frozen wheat dough a deterioration in the rheological properties occurs with increasing addition of water. Also freezing itself deteriorates the rheological properties of wheat dough.

Such trend has not been confirmed for gluten-free dough. On the contrary, gluten-free doughs, when subjected to shock-freezing and thawing, showed improvements in their rheological properties. The most appropriate formulation for added water ratio was 65 % for frozen amaranth dough, 75 % for frozen buckwheat dough, and 70 % for frozen chick-pea dough. No universal added water formulation suitable for freezing all gluten-free dough types was identified, as it always depends on the type of flour used.

Keywords:

gluten-free flour, dough, rheological properties, freezing, strain by pulling

Ráda bych poděkovala vedoucí mé bakalářské práce paní docentce RNDr. Ivě Burešové Ph.D. za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích, které mi pomohly při řešení problematiky této práce.

Mé poděkování patří taktéž mé rodině a příteli za podporu při studiu.

„Jestli najdeš v životě cestu bez překážek, určitě nikam nevede.“

(Arthur C. Clarke)

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

OBSAH

ÚVOD.....	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 BEZLEPKOVÉ SUROVINY POUŽÍVANÉ PŘI VÝROBĚ PEČIVA	13
1.1 AMARANT.....	13
1.2 POHANKA	14
1.3 CIZRNA	15
2 VÝROBA PEČIVA ZE ZMRAZENÉHO POLOTOVARU	17
2.1 ZÁKLADNÍ SUROVINY.....	17
2.2 RECEPTURA PRO ZMRAZENÉ POLOTOVARY	17
2.3 CHARAKTERISTIKA SUROVIN	18
2.3.1 Mouka	18
2.3.2 Voda	18
2.3.3 Droždí.....	18
2.3.4 Sůl	18
2.3.5 Cukr.....	19
2.3.6 Tuk	19
2.4 PŘÍPRAVA TĚSTA.....	19
2.5 TECHNOLOGIE VÝROBY PEČIVA.....	19
2.5.1 Hnětení těsta.....	19
2.5.2 Fermentace a zrání těsta	20
2.5.3 Dělení těsta.....	20
2.5.4 Skulování.....	20
2.5.5 Tvarování	20
2.5.6 Dokynutí.....	20
2.5.7 Pečení	21
2.5.8 Chlazení.....	21
2.6 ZPŮSOBY ŠOKOVÉHO MRAZENÍ	21
2.6.1 Mrazení v proudu vzduchu.....	21
2.6.2 Deskové zmrazování	22
2.6.3 Kryogenní mrazení	22
3 VLIV ZMRAZENÍ NA VLASTNOSTI TĚSTA	23
4 REOLOGICKÉ VLASTNOSTI TĚSTA	24
II PRAKTICKÁ ČÁST	25
5 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE.....	26
6 CHARAKTERISTIKA MATERIÁLU	27
7 METODIKA PŘÍPRAVY TĚSTA A JEHO ZMRAZOVÁNÍ.....	28

7.1	PŘÍPRAVA TĚSTA.....	28
7.2	ZMRAZOVÁNÍ TĚSTA.....	28
7.3	NAMÁHÁNÍ TĚSTA TAHEM.....	28
8	VÝSLEDKY.....	30
8.1	AMARANTOVÉ TĚSTO.....	30
8.1.1	Vliv zmrazení na napětí.....	30
8.1.2	Vliv zmrazení na Henckeho deformaci.....	30
8.1.3	Vliv zmrazení na maximální natažení.....	31
8.2	POHANKOVÉ TĚSTO.....	32
8.2.1	Vliv zmrazení na napětí.....	32
8.2.2	Vliv zmrazení na Henckeho deformaci.....	32
8.2.3	Vliv zmrazení na maximální natažení.....	33
8.3	CIZRNOVÉ TĚSTO.....	34
8.3.1	Vliv zmrazení na napětí.....	34
8.3.2	Vliv zmrazení na Henckeho deformaci.....	34
8.3.3	Vliv zmrazení na maximální natažení.....	35
9	DISKUSE.....	36
	ZÁVĚR.....	37
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	38
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	41
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	42
	SEZNAM TABULEK.....	43

ÚVOD

Nejčastěji používanou surovinou při výrobě pečiva je pšeničná mouka. Její přirozenou a důležitou součástí jsou lepkové bílkoviny, které jsou zodpovědné za viskoelastické vlastnosti těsta a jsou důležité při tvorbě lepkové sítě, která zachytává v těstě kypřící plyn, vznikající působením kvasinek, a bez kterého by konečné produkty neměly objem a charakteristickou pórovitou a nadýchanou strukturu.

Zároveň však mohou lepkové bílkoviny u některých osob způsobovat alergii či imunitní nesnášenlivost tzv. celiakii. Těchto lidí neustále přibývá a také přibývá osob prosazujících zdravý životní styl a vyhledávajících bezpečné produkty. Tím dochází ke zvyšování poptávky po kvalitních bezpečných pečárenských produktech. Současným trendem je také nabídnout co nejčerstvější pečivo širokého sortimentu. K tomu se využívá stále více zmrazených pečárenských polotovarů, které stačí pouze v prodejně dopéct.

V posledních několika desetiletích dochází k prudkému nárůstu výzkumů zaměřených na bezpečkovou problematiku. K největším problémům bezpečkového pečiva, které běžný spotřebitel řeší, jsou cena a chuť. Odborníci proto neustále pracují na nejvhodnějších technologických postupech výroby a recepturních složeních bezpečkového pečiva.

Důležitými ukazateli kvality bezpečkových těst jsou jejich reologické vlastnosti. Ty jsou měřeny na základě reakce těsta na vnější namáhání. Tato práce se zabývá namáháním těsta tahem na přístroji *SMS/Kieffer extensibility rig*. Cílem práce bylo zjistit, jaký vliv má mrazení na tažnost vybraných bezpečkových těst a zjistit vliv obsahu vody v jednotlivých recepturách na reologické chování a určit tak nejvhodnější přísádek vody pro zmrazovaná bezpečková těsta.

I. TEORETICKÁ ČÁST

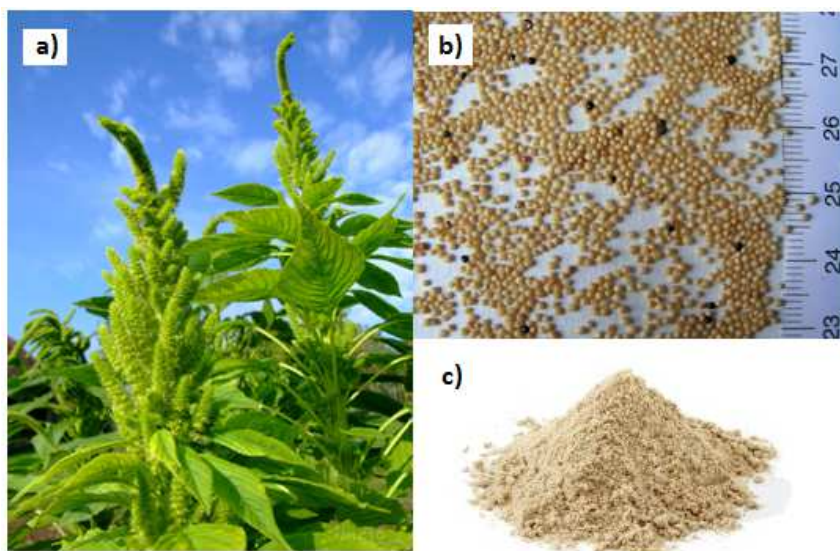
1 BEZLEPKOVÉ SUROVINY POUŽÍVANÉ PŘI VÝROBĚ PEČIVA

Mezi plodiny, které přirozeně neobsahují lepek, patří např. pseudocereálie, které nepatří do botanické čeledi lipnicovitých, jako je tomu u cereálií, ale zpracovávají se podobným způsobem a mají podobné využití. Mezi zástupce patří např. pohanka, amarant a merlík [1, 2].

Mezi další skupinu bezlepkových plodin patří luštěniny. Bezlepkové jsou i některé cereálie jako např. kukuřice nebo rýže. Tato kapitola bude věnována dvěma pseudocereáliím - amarantu a pohance a luštěnině cizrně, které budou použity v praktické části této práce [1, 2].

1.1 Amarant

Amarant neboli laskavec patří mezi pseudocereálie z čeledi laskavcovitých pocházející ze Střední a Jižní Ameriky. Jedná se o jednoletou bylinu dorůstající do výšky až 2 metrů. Laskavec má velmi hluboko rostoucí kořen a proto dokáže odolávat sušším klimatickým podmínkám. Díky své nenáročnosti na pěstování a vysoké nutriční hodnotě se v posledních letech stal často vyhledávanou a využívanou plodinou a to nejen v potravinářství, ale i v kosmetickém či farmaceutickém průmyslu. Pěstuje se také v našich klimatických podmínkách a to především pro zrna, ale k potravinářským účelům lze použít i listy. Semena amarantu mají nahořklou ořechovou chuť a čočkovitý tvar velikosti 1 až 2 mm [2, 3].



Obr. 1: Amarant: a) rostlina, b) semena, c) mouka [2, 3]

Chemické složení amarantového zrna závisí na odrůdě a na klimatických podmínkách pěstování. Průměrně má amarantové zrno v sušině 64,5 % sacharidů, 15,5 % bílkovin a 7,6 %

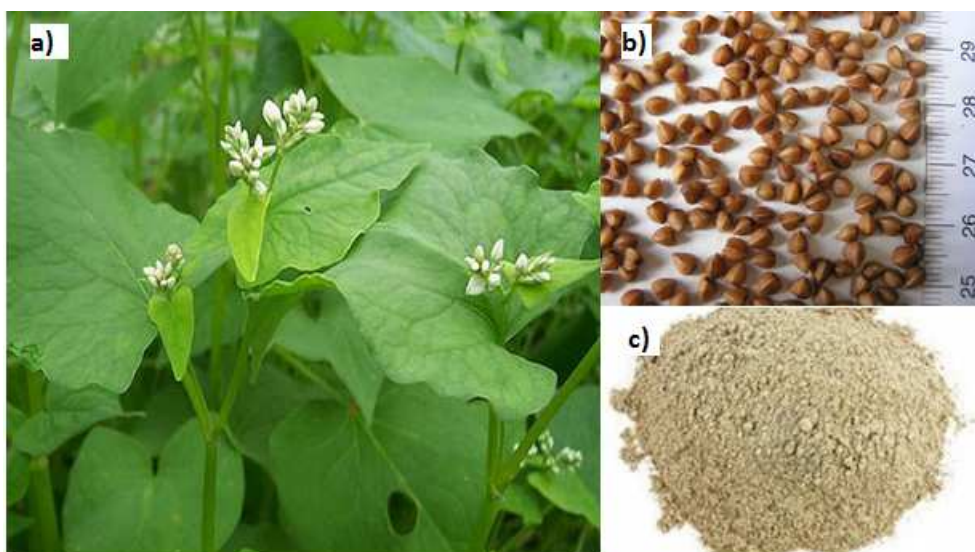
tuku. Významný je také obsah vlákniny 17,7 %, dále obsah minerálních látek a to především železa a vápníku. Z vitamínů obsahuje převážně B-komplex, vitamín C a E [3, 4].

Hlavními proteiny jsou albuminy a globuliny. Obsah prolaminů je nízký a α -gliadin neobsahuje vůbec. Významný je také poměrně vysoký obsah aminokyselin a to hlavně těch esenciálních především leucinu, lysinu a valinu [3, 4].

Při porovnání amarantu s pšenicí lze konstatovat, že amarant má vyšší biologickou hodnotu bílkovin (75) oproti pšenici (60). Kdy za plnohodnotnou bílkovinu je považována ta vaječného bílku a mléka (100). Struktura amarantové bílkoviny je málo antigenní, existuje tedy nízká pravděpodobnost vzniku alergie na amarant. Díky tomu je amarant vhodnou plodinou pro osoby trpící celiakií [3, 4].

1.2 Pohanka

Pohanka patří mezi pseudocereálie z čeledi rdesnovitých a pochází z jihovýchodní Asie, odkud se postupně rozšířila do Japonska, Číny a Ruska. Na našem území se začala pěstovat ve 12. století. Pohanka je jednoletá bylina dorůstající do výšky až 1 metru. Z pohledu podmínek pěstování je relativně nenáročná, avšak není příliš odolná vůči teplotním výkyvům, mrazu a suchu. Vhodný je vlhký mírný klimatický pás s lehčími půdami. V porovnání s ostatními pseudocereáliemi a obilninami je pohanka náročnější na dostatek vláhy a to hlavně v období květu a tvorby plodů. Plodem pohanky je trojboká hladká nažka hnědošedé barvy [5, 6, 7].



Obr. 2: Pohanka: a) rostlina, b) semena, c) mouka [5, 6]

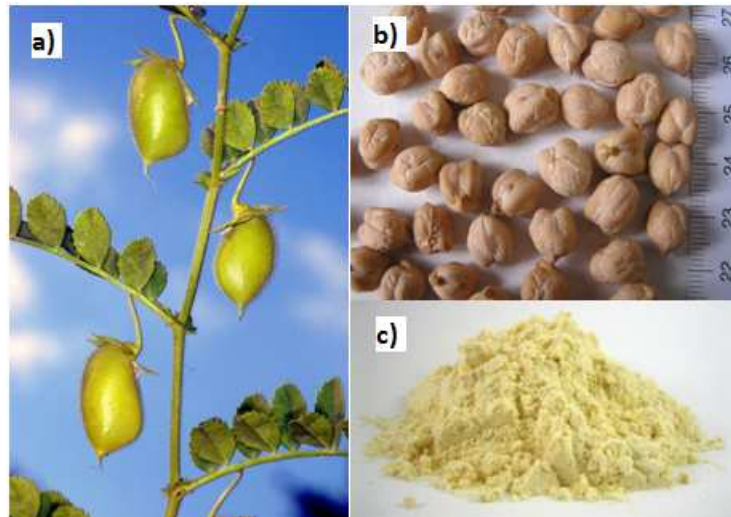
K lidské výživě se využívají především nažky a to k výrobě mouky, krupice a krup. Produkty z pohanky slouží často jako snídaňové cereálie či k zahuštění polévek. Z rostliny lze konzumovat také listy, naklíčené nažky nebo pohankový med [5, 6, 8].

Chemické složení pohankového zrna je závislé na klimatických podmínkách pěstování a odrůdě. Nejvíce obsahuje škrob a to 55–70 %, 12 % plnohodnotných bílkovin s vysokým obsahem některých aminokyselin (především argininu, lyzinu, treoninu a tryptofanu). Obsah tuku v nažkách je nízký (4 %) s převažujícími nenasycenými mastnými kyselinami. Obsah rozpustné i nerozpustné vlákniny je až 12 %, významný je také obsah minerálních látek a vitamínů – především skupiny B [7, 8, 9].

Mimo potravinářský průmysl se pohanka využívá ve farmaceutickém průmyslu, kde se využívá jejího vysokého obsahu antioxidantů a alkaloidu rutinu, který působí pozitivně na cévní onemocnění. Další využití pohanky je jako součást krmných směsí pro zvířata a díky její krátké vegetační době a rychlému růstu jako meziplodina nebo jako regulátor plevelů [6, 8, 9].

1.3 Cizrna

Cizrna patří mezi bezlepkové suroviny, ale na rozdíl od předešlých dvou rostlin (amarant, pohanka) nepatří mezi pseudocereálie, ale luskoviny. Cizrna beraní neboli římský hrách je jednoletá bylina dorůstající do výšky 0,6 m a patřící do čeledi bobovitých, pro které je typická přítomnost hlízkovitých bakterií na kořenech, díky čemuž mají schopnost poutat vzdušný dusík. Cizrna pochází z východní Asie, odkud se rozšířila do Itálie a Řecka. Roste v teplých oblastech s dostatkem světla, ale není příliš náročná na kvalitu půdy a je odolná vůči suchu. Plodem je lusk obsahující 1 až 2 kulovitá semena [10].



Obr. 3: Cizrna: a) rostlina, b) semena, c) mouka [10, 11]

V potravinářském průmyslu se využívají především semena, která se vaří, praží nebo suší a z nich se melou mouky, nezralé lusky a mladé výhonky se konzumují jako zelenina. Celá rostlina se využívá na zelené hnojení jako zdroj dusíku nebo jako krmivo [10, 11].

V chemickém složení cizrnového semena převládají opět sacharidy a to hlavně škrob, který tvoří okolo 47 %, bílkoviny 25 % (obsahují esenciální aminokyseliny lyzin, izoleucin, valin, fenylalanin) a tuky 6 %, kde většinu tvoří esenciální mastné kyseliny a to hlavně kyselina linolová a linolenová. Z minerálních látek převažuje hlavně draslík, vápník, hořčík a mangan. Cizrna je důležitým zdrojem vitamínů a to hlavně těch ze skupiny B (niacin, thiamin), dále vitamínů C a E a provitamínu A. Vysoký je obsah vlákniny až 15% [11, 12].

2 VÝROBA PEČIVA ZE ZMRAZENÉHO POLOTOVARU

Mrazené pekárenské polotovary jsou v dnešní době velmi vyhledávané pro jejich snadné skladování, dlouhou dobu trvanlivosti a rychlé dopečení potřebného množství produktů přímo v prodejně. Díky tomu je pro spotřebitele kdykoliv k dispozici čerstvé a teplé pečivo. Výroba pečiva ze zmrazovaných polotovarů se nijak významně neliší v použitých technologických krocích od běžného pečiva. Pouze je zařazen další technologický krok a to mrazení. Nejčastěji se používá šokové mrazení, které bývá zařazeno buď před kynutím těsta, po kynutí těsta nebo po částečném upečení pečiva [13, 14].

2.1 Základní suroviny

Základními pekárenskými surovinami pro výrobu běžného pečiva jsou mouka, voda, droždí a sůl. Při výrobě pečiva převládá pšeničná mouka, popřípadě směs pšeničné mouky s žitnou moukou. Lze však používat i směsi mouk vymletých z jiných obilovin, olejnin či luštěnin [14, 15].

Při zmrazování je třeba dbát zvýšené pozornosti při výběru jednotlivých surovin, jelikož jejich jakost se projeví na konečném produktu a je tedy značně žádoucí vybírat pouze ty nejkvalitnější suroviny, abychom získali požadovaný produkt vhodných vlastností [14, 15, 16].

2.2 Receptura pro zmrazené polotovary

Receptura pro zmrazené polotovary se liší od receptury na běžné pečivo, jelikož je třeba zamezit vytvoření velkých krystalů ledu z volné vody, které by při mrazení a následném rozmrazení potrhaly strukturu pečiva [17].

Přídavek vody je tedy nižší, naopak se zvyšuje množství přidaného tuku, který podporuje měkkost střídy. Také se přidává větší množství droždí, jelikož mrazením se inaktivuje velké množství kvasinek. Použitý druh kvasinek tedy musí být odolnější vůči mrazu a osmotolerantní, proto se do zmrazovaných produktů používají kvasinky rodu *Saccharomyces rosei* namísto běžněji používaných *Saccharomyces cerevisiae* [17, 18].

Často jsou využívány přídatné látky, které snižují vysychání výrobků, které se projevuje rychlejším tvrdnutím upečeného pečiva [17].

2.3 Charakteristika surovin

2.3.1 Mouka

Pro běžné pečivo, které bude podrobena zmrazení, se využívají pšeničné mouky se silným lepem, obsahující více než 12 % lepkových bílkovin. Lepek v pšenici je tvořen bílkovinnými frakcemi gliadiny a gluteniny, které ovlivňují viskoelastické vlastnosti těsta [15].

Mouky se silným lepem mají lepší schopnost zadržet větší množství kypřícího plynu produkovaného kvasinkami. Důležitým parametrem je vhodný poměr gliadinů a gluteninů v mouce. Gliadiny jsou zodpovědné za viskozitu a tažnost těsta, kdežto gluteniny ovlivňují pevnost a pružnost těsta [15, 19].

2.3.2 Voda

Voda používaná v pekárenství musí samozřejmě splňovat zdravotní nezávadnost a musí se tedy jednat o pitnou vodu. Další důležité parametry, které jsou u vody měřeny, jsou její tvrdost a alkalita. Vhodnější voda pro pekárenské použití je středně tvrdá a s neutrálním pH. Množství vody používané do zmrazovaných polotovarů je vždy nižší než do běžného pečiva z důvodu tvorby co nejmenších krystalů ledu [15, 19].

2.3.3 Droždí

Výroba biologicky kypřeného pečiva využívající kvasinek rodu *Saccharomyces cerevisiae* má dlouholetou tradici. Kvasinky mají schopnost anaerobně zkvašovat cukry a přeměňovat je na oxid uhličitý a etanol. Pro pekárenské použití je velmi důležitý především oxid uhličitý jako kypřící plyn, který vytváří typickou texturu, objem a nadýchanost těsta a následně i produktu. Kvasinky poskytují pečivu také důležité sensorické vlastnosti [15, 19].

Pro mrazené pekárenské produkty se využívají kvasinky odolávající nízkým teplotám a to především *Saccharomyces rosei*. Droždí se do těsta dávkuje v množství 1 až 2 %, které může být v různých formách (tekuté, lisované, granulované, sušené). Pro výrobu zmrazených pekárenských produktů se často využívají mrazené formy droždí [15, 19].

2.3.4 Sůl

Přídavek soli je důležitou součástí pekárenských produktů, jelikož ovlivňuje v pečivu nejen sensorické, ale i technologické vlastnosti. Přídavek soli se liší podle vyráběného druhu

pečiva, ale nejčastěji se přidává 1 až 2 % jemně mleté soli (vztaženo na hmotnost použité mouky) [15, 19].

2.3.5 Cukr

Přídavek 1 až 2 % cukru slouží jako zdroj zkvasitelných cukrů pro kvasinky a používá se hlavně sacharóza získaná z cukrové řepy. Vyšší přídavky cukru snižují aktivitu kvasinek a ovlivňují i sensorické vlastnosti pečiva [15, 19].

2.3.6 Tuk

Pro zmrazované pečivo je důležitý přídavek tuku, který způsobuje vláčnost, křehkost a zpomaluje stárnutí pečiva. Využívají se tuky rostlinné i živočišné v tekuté i tuhé konzistenci [15, 19].

2.4 Příprava těsta

Těsto používané na zmrazené polotovary je většinou připraveno přímým vedením. Přičemž jsou všechny suroviny dávkovány a smíchány tzv. nazáz [15, 19].

2.5 Technologie výroby pečiva

Pro výrobu běžného pečiva se využívá pšeničná mouka se silným lepem. Přídavek vody se pohybuje okolo 55–65 % (vztaženo na hmotnost mouky). Dále se přidává 2 % soli a 1–2 % droždí [15, 19].

2.5.1 Hnětení těsta

Hnětení těsta je důležitý proces, kdy se smíchávají jednotlivé suroviny, až vznikne homogenní směs. Využívá se vysokorychlostních hnětačů s hnětacím hákem ve tvaru spirály. Nejdříve je těsto mícháno pomalými otáčkami a později rychlejšími. Při hnětení dochází ke zvyšování teploty, proto se do těsta přidává studená voda a sleduje se teplota míchaného těsta, která by se měla pohybovat v rozmezí 18 – 21 °C [15, 19, 24, 26].

Během hnětení dochází k bobtnání lepkových bílkovin, poškozených škrobových granulí a nízkomolekulární sacharidy se rozpouští do roztoku. Dalším hnětením těsta dochází ke tvorbě gelu a ztrácí se viditelný přebytek vody a narůstá viskozita těsta. Těsto se stává

pružnějším a dochází k zabudovávání vzduchu do těsta ve formě vzduchových bublin, které jsou důležité pro akumulaci kypřicího plynu CO_2 , který vytvoří kvasinky během fermentace. Kypřící plyn je důležitý pro pórovitou a nadýchanou strukturu střídy konečného produktu [15, 19, 24].

2.5.2 Fermentace a zrání těsta

Vyhnětené těsto se ponechá v klidu po dobu 10–30 minut v kynárně při 35–45 °C a relativní vlhkosti vzduchu okolo 85 %. Dochází k fermentaci sacharidů v těstě a kvasinky produkují kypřící plyn a etanol. Kypřící plyn putuje v těstě do vzduchových bublin vytvořených během hnětení a díky tomu dochází ke zvětšování objemu těsta [15,19,24].

Během fermentace je vhodné mírné prohnětení těsta, aby došlo k pozvolnému promíchání metabolitů fermentace a zpřístupnění zkvasitelných cukrů kvasinkám. Fermentace probíhá v těstě neustále až do fáze pečení, kde vlivem vysokých teplot dojde k usmrcení kvasinek [15, 18, 19].

2.5.3 Dělení těsta

Po skončení fermentace se těsto dělí v děličce těsta na stejně velké části tzv. klonky [15, 18, 19].

2.5.4 Skulování

Vzniklé klonky nemají stejný tvar a proto je potřeba je vytvarovat, nejčastěji do tvaru koule. K tomuto se využívají skulovačky nebo se skuluje ručně [15, 18, 19].

2.5.5 Tvarování

Vytvořené kousky těsta se nechají krátkou dobu 2–5 minut předkynout, aby došlo k další fermentaci a tvorbě kypřicího plynu, který byl během předešlých dvou operací z těsta odstraněn. Poté se vytvarují koule těsta do požadovaného tvaru podle druhu vyráběného pečiva [15, 18, 19].

2.5.6 Dokynutí

Vytvarované kousky těsta se nechají dokynout v kynárně při teplotě 26–28 °C a relativní vlhkosti nad 70 % po dobu 20–35 minut. Před pečením se některé druhy pečiva sypou na-

příklad solí, kmínem apod. nebo se potírají např. vodou pro lesklý vzhled povrchu výrobku [15, 18, 19, 24].

2.5.7 Pečení

Pečení je důležitý proces výroby pečiva, kdy se těsto mění na požadovaný produkt a dochází k řadě fyzikálních a chemických změn. Pekárenský produkt získává důležité sensorické vlastnosti jako chuť a vůni. Peče se obvykle při 220–250 °C a doba pečení závisí na velikosti daného pečiva [18, 19, 24, 26].

2.5.8 Chlazení

Po upečení se pečivo chladí cca 2–3 hodiny. Vychlazené pečivo se balí nebo krájí a balí do plastových sáčků [18, 19].

2.6 Způsoby šokového mrazení

V dnešní době se pekárenský polotovar mrazí v různých stádiích výše popsaného technologického postupu výroby pečiva. Nejčastěji se zmrazené polotovary mrazí před kynutím, po kynutí nebo po částečném upečení [16, 17, 20].

Šokové mrazení je nejšetrnější způsob zamrazení pečiva. U nepředpečených výrobků je třeba udržet při životě co nejvíce kvasinek, proto je vhodné rychle, ideálně do 30 minut, snížit teplotu v jádře produktu pod -7 °C. Tím se zamezí tvorbě velkým krystalům ledu, které by nejen potrhaly strukturu těsta, ale i poničily buněčné stěny kvasinek [16, 17, 20].

U předpečených výrobků je vhodné zmrazovat drobnější pečivo. U chlebů a jiných větších pekárenských produktů je problém v rychlosti promrznutí jádra a proto dochází k tvorbě větších krystalů ledu, které způsobují poškození struktur bílkovinných sítí a škrobového gelu, což po rozmrazení a dopečení vede k rychlejšímu stárnutí pečiva [16, 17, 20].

2.6.1 Mrazení v proudu vzduchu

Častým způsobem mrazení je v proudu vzduchu, kdy je výrobek ofukován ledovým vzduchem o teplotě -30 až -40 °C po dobu 30 minut. Poté jsou výrobky zabaleny do polyethylenových sáčků a skladovány v mrazácích při teplotě -18 °C [16, 17, 20].

2.6.2 Deskové zmrazování

Deskové zmrazovače se dnes používají méně, jelikož jsou finančně náročné na provoz. Lze v nich zmrazovat pouze balené výrobky. Deskový zmrazovač se skládá ze dvou mrazících desek, mezi které se vloží výrobky, které chceme zamrazit [16, 17, 20].

2.6.3 Kryogenní mrazení

Tento způsob mrazení využívá kryogenních plynů a to hlavně oxidu uhličitého a kapalného dusíku. Nevýhodou tohoto typu mrazení je jeho finanční náročnost. Výhodou je velmi rychlé zmrazení produktu se zachováním tvaru, chuti i textury. Kapalný dusík je vyráběn ze vzduchu a uchovává se v kryogenních tancích při teplotě -176 °C . Výrobky mohou být mrazeny ponořením do kapalného dusíku nebo je dusík rozprašován na výrobek. K tomu jsou využívány mrazicí boxy a u velkých výrobců mrazicí tunely [16, 17, 20].

3 VLIV ZMRAZENÍ NA VLASTNOSTI TĚSTA

Zmrazování je technologický postup využívající odebrání tepla z potraviny. Používá se také v konzervárenství, jelikož prodlužuje trvanlivost potravin [16].

Důležitým požadavkem při zmrazování je dostatečně nízká teplota a čas působení této teploty, vedoucí k snížení teploty v jádře potraviny pod $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ideálně do 30 minut. K tomu se nejčastěji využívá šokového zmrazení [16].

Obecně se ví, že zmrazováním pšeničných těst dochází vlivem mrazu ke zhoršení reologických, ale i sensorických vlastností pečiva. Proto je při zmrazování těsta či pekárenských výrobků důležitý nejen správně zvolený technologický postup výroby, ale také vhodné složení těsta, vysoká rychlost zmrazení a dostatečně nízká teplota při skladování či rozmrazování [20].

Čím déle bude trvat, než dojde ke zmrazení jádra potraviny pod -7°C , tím budou z vody vznikat větší krystaly ledu. Tomuto jevu se snažíme zabránit šokovým zmrazením, kdy vzniká větší množství malých krystalků, které tolik netrhají strukturu těsta a neusmrtí ani tolik kvasinek [16, 17].

Mrazením těsta dochází ke snížené pevnosti těsta, což vede u finálního výrobku k menšímu objemu. Mráz tak působí na lepkovou síť, která je potrhaná a nesouvislá, čímž při pečení výrobku unikne velké množství kypřicího plynu a vzniklý výrobek je méně nadýchaný a střída obsahuje nerovnoměrně rozložené póry různých velikostí [17, 19].

Nízké teploty působí negativně na kvasinky, které odumírají, proto je třeba přidávat větší množství droždí s kvasinkami odolávajících nižším teplotám. Opět je výhodná tvorba malých krystalků ledu, velké by potrhaly buněčné stěny kvasinek [20].

4 REOLOGICKÉ VLASTNOSTI TĚSTA

Reologie je věda zabývající se reakcí materiálu na vnější namáhání. Tato práce je zaměřena na namáhání těsta (viskoelastického materiálu) tahem [21, 23, 25].

K vyhodnocení a porovnání experimentálně naměřených dat bylo použito těchto reologických veličin:

- **Napětí σ [Pa]**

- lze vypočítat jako sílu (F) působící na plochu (S) [22, 23, 25]

$$\sigma = F / S$$

- **Henkyho deformace ε_H [1]**

- skutečná deformace, bezrozměrná veličina, která se vypočítá jako přirozený logaritmus délky vzorku po namáhání (L) dělená původní délkou vzorku (L_0) [22, 23, 25]

$$\varepsilon_H = \ln (L/L_0)$$

- **Maximální natažení E [m]**

- napětí (σ) dělené deformací (ε), která se vypočítá jako prodloužení (ΔL) dělené původní délkou vzorku (L_0) [22, 23, 25]

$$E = \sigma / \varepsilon$$

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cílem práce bylo zhodnotit vliv mrazení na tažnost bezlepkového těsta.

Práce byla rozdělena do několika kroků:

- Vyrobit vzorky těst ze 3 druhů bezlepkových mouk (amarant, cizrna, pohanka)
- Použít vždy 3 receptury lišící se obsahem vody (65 %, 70 % a 75 % vztažené na množství mouky)
- Změřit dané vzorky tahovou zkouškou (*SMS/Kieffer extensibility rig*)
- Nechat vzorky šokově zamrazit (kapalným dusíkem), skladovat 3 měsíce při -18 °C
- Rozmrazené vzorky změřit tahovou zkouškou (*SMS/Kieffer extensibility rig*)
- Porovnat naměřené hodnoty mezi jednotlivými druhy mouk a zvolenými obsahy vody před a po zmrazení
- Zjistit nejvhodnější receptury (obsah vody) vhodné pro zmrazení pro jednotlivé mouky

6 CHARAKTERISTIKA MATERIÁLU

V práci byly použity tři běžně komerčně dostupné bezlepkové mouky amarantová, pohanková a cizrnová. Mouky byly poskytnuty společností Extrudo Bečice, s.r.o. Týn nad Vltavou. Dále byl použit chlorid sodný p.a.

Pro lepší charakteristiku vybraných mouk byly experimentálně měřeny, některé veličiny, které charakterizují kvalitu pšeničných mouk, tedy číslo poklesu (tab. 1) a Zelenyho test (tab. 2).

Tab. 1 Číslo poklesu použitých bezlepkových mouk.

Mouka	Vlhkost [%]	Čas[s]
Amarantová	11,32	5228
Pohanková	12,36	7346
Cizrnová	11,67	6135

Tab. 2 Hodnoty Zelenyho testu (SEDI) použitých bezlepkových mouk.

Mouka	SEDI [ml]
Amarantová	47
Pohanková	14
Cizrnová	76

7 METODIKA PŘÍPRAVY TĚSTA A JEHO ZMRAZOVÁNÍ

Příprava těsta probíhala dle standardních metod Americké asociace cereálních chemiků (AACC).

7.1 Příprava těsta

Těsto bylo připraveno vždy ve třech recepturách lišících se obsahem přidané vody. Nejdříve byla změřena vlhkost používaných mouk (tab. 1). Poté bylo naváženo požadované množství mouky 9,73 g a 2 % přídavek soli, tedy 0,2 g. Poté byla promíchána mouka a sůl. Dále se vmíchalo požadované množství vody vztažené na hmotnost mouky, podle zvolené receptury 65 %, 70 % nebo 75 %. Ze surovin se vypracovala celistvá kulička těsta, která se nechala v uzavřeném sáčku zrelaxovat v termostatu při 24 °C po dobu 40 minut. Poté se vzorky těsta daly šokově zamrazit nebo se s nimi provedlo měření tažnosti na *SMS/Kieffer extensibility rig*.

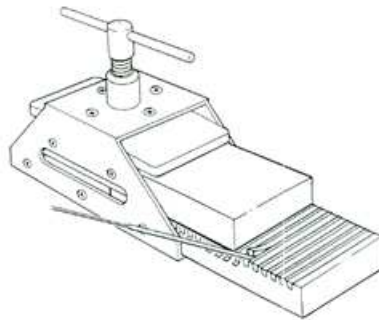
7.2 Zmrazování těsta

Ke zmrazování těsta vytvarovaných do kuliček bylo použito šokové mrazení pomocí tekutého dusíku o teplotě -196 °C. Vlivem šokového zmrazení došlo k rychlému a šetrnému zamrazení a rychlému překonání kritických teplot maximální tvorby krystalů ledu (-1 až -5 °C v jádře). Došlo tedy ke tvorbě většího množství malých krystalků, které tolik nepotrhnají strukturu těsta. Poté byly vzorky uloženy v igelitových sáčcích a skladovány po dobu 3 měsíců při teplotě -18 °C.

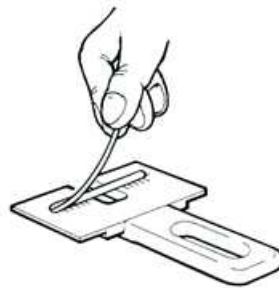
7.3 Namáhání těsta tahem

K měření tažnosti bezlepkových vzorků těst byl použit *SMS/Kieffer extensibility rig*. Při namáhání těsta tahem dochází k velké deformaci vzorku až k jeho přetržení. Ze vzorků vytvarovaných do kuliček se vyválí váleček těsta a vloží se do teflonové formy s drážkami, které jsou vymazány silikonovým olejem, aby nedocházelo k přilepení vzorků k formě. Přitisknutím dvou částí formy k sobě se těsto mezi nimi vtlačí do drážek formy a vytvaruje se do požadovaného hranolku lichoběžníkového průřezu o velikosti 3 mm x 5 mm x 4 mm. Přebytké těsto přesahující z formy se odstraní. Teflonová forma se vloží do držáku a upevní zašroubováním. Držák i s formou se vloží do termostatu s konstantní relativní vlh-

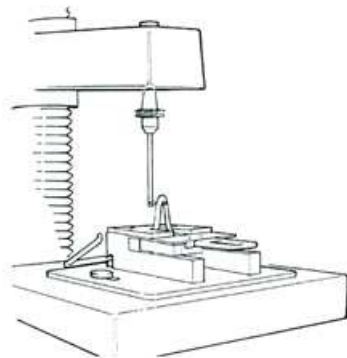
kostí a teplotou 24 °C po dobu 40 minut. Během této doby dochází k relaxaci těsta. Poté se z držáku uvolní forma a opatrně se z ní kopistkou vyjmou jednotlivé vzorky těsta. Vzorek se vloží do držáku, kde se okraje mírně stlačí a tím je vzorek upevněn. Střed vzorku je mírně prověšen a je umístěn do přístroje. Pod vzorkem je umístěn pohyblivý měřicí hák. Po spuštění navoleného programu na přístroji se začne hák pohybovat směrem nahoru. Data jsou zaznamenávána od chvíle, kdy se hák dotkne těsta a začne ho natahovat nahoru. Konec měření nastane ve chvíli přetržení vzorku těsta (obr. 4–6).



Obr. 4: Teflonová forma se vzorky těsta vložená do držáku.



Obr. 5: Vzorek těsta umístěný na držák, který se vloží do přístroje.



Obr. 6: Přístroj SMS/Kieffer extensibility rig s měřeným vzorkem.

8 VÝSLEDKY

Těsta ze tří různých druhů bezlepkových mouk a tří receptur lišících se obsahem vody byla šokově zmrazena v kapalném dusíku a po dobu tří měsíců udržována při teplotě $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Poté byly tyto vzorky šetrně rozmrazeny a změřeny tahovou zkouškou na přístroji *SMS/Kieffer extensibility rig*. Byly hodnoceny tyto veličiny: napětí, Henckyho deformace a maximální natažení těsta. Zjištěné hodnoty byly porovnány s hodnotami naměřenými se vzorky před zmrazením.

8.1 Amarantové těsto

8.1.1 Vliv zmrazení na napětí

Při porovnání zadržného napětí amarantovým těstem před a po zmrazení, můžeme pozorovat, že u všech tří receptur lišících se přidavkem vody, došlo ke zvýšení zadržného napětí (tab. 3). U receptury 1 s obsahem vody 65 % došlo k nárůstu napětí o 70,1 %. Receptura 2 s obsahem vody 70 % vykazovala po zmrazení nejmenší nárůst zadržného napětí těstem a to o 38,9 %. K největšímu nárůstu napětí u zmrazeného amarantového těsta došlo u receptury 3 s nejvyšším obsahem vody 75 % a to o 79,8 %.

Tab. 3 Vliv zmrazení amarantového těsta na zadržné napětí.

Amarantová mouka	Zmrazení	Přídavek vody [%]	Napětí σ [kPa]	Změna napětí po zmrazení [%]
Receptura				
1	před	65	$4,9 \pm 0,8$	+70,1
	po		$16,4 \pm 0,7$	
2	před	70	$6,6 \pm 0,6$	+38,9
	po		$10,8 \pm 0,4$	
3	před	75	$2,2 \pm 0,6$	+79,8
	po		$10,9 \pm 0,7$	

8.1.2 Vliv zmrazení na Henckyho deformaci

Při porovnání Henckyho deformace u tří receptur amarantového těsta před a po zmrazení, můžeme konstatovat, že u všech došlo vlivem zmrazení ke zvýšení deformace (tab. 4). Nejnižší nárůst byl pozorován u receptury 1 s obsahem vody 65 % a to o 1,37 %. Receptura 2 s obsahem vody 70 % vykazovala po zmrazení nárůst deformace o 5,33 %. K největší

deformaci po zmrazení bylo dosaženo u receptury 3, tedy amarantového těsta s největším přídatkem vody 75 % a to o 6,76 %.

Tab. 4 Vliv zmrazení amarantového těsta na Henckeho deformaci.

Amarantová mouka	Zmrazení	Přídavek vody [%]	Henckeho deformace ϵ_H [1]	Změna deformace po zmrazení [%]
Receptura				
1	před	65	$0,72 \pm 0,12$	+1,37
	po		$0,73 \pm 0,01$	
2	před	70	$0,71 \pm 0,02$	+5,33
	po		$0,75 \pm 0,01$	
3	před	75	$0,69 \pm 0,24$	+6,76
	po		$0,74 \pm 0,01$	

8.1.3 Vliv zmrazení na maximální natažení

Porovnáním maximálního natažení amarantového těsta po zamrazení, můžeme pozorovat, že u všech tří receptur došlo vlivem zmrazení k prodloužení natažení (tab. 5). U receptury 1 s přídatkem vody 65 % došlo k největšímu natažení o 11,9 %. Receptura 2 s obsahem vody 70 % po zamrazení vykazovala nejmenší nárůst natažení a to o 4,2 %. U amarantového těsta s obsahem vody 75 % po zamrazení došlo k prodloužení maximálního natažení o 11,0 %.

Tab. 5 Vliv zmrazení amarantového těsta na maximální natažení.

Amarantová mouka	Zmrazení	Přídavek vody [%]	Maximální natažení E [mm]	Změna natažení po zmrazení [%]
Receptura				
1	před	65	$15,6 \pm 0,5$	+11,9
	po		$17,7 \pm 0,4$	
2	před	70	$16,1 \pm 0,6$	+4,2
	po		$16,8 \pm 0,3$	
3	před	75	$15,4 \pm 0,1$	+11,0
	po		$17,3 \pm 0,1$	

8.2 Pohankové těsto

8.2.1 Vliv zmrazení na napětí

Při porovnání zadrženého napětí pohankovým těstem před a po zamrazení, můžeme pozorovat, že u dvou ze tří receptur došlo vlivem zmrazení ke zvýšení zadrženého napětí (tab. 6). U zamrazeného pohankového těsta s obsahem vody 70 % došlo k mírnému poklesu zadrženého napětí a to o 2,3 %, ale i přesto byly tyto naměřené hodnoty napětí před i po zmrazení velmi vysoké v porovnání se zbylými dvěma recepturami. U zamrazeného pohankového těsta s 65 % vody došlo k největšímu nárůstu napětí a to o 64,5 %. Receptura s nejvyšším přidaným množstvím vody (75 %) vykazovala po zamrazení nárůst zadrženého napětí o 17,8 %.

Tab. 6 Vliv zmrazení pohankového těsta na napětí.

Pohanková mouka Receptura	Zmrazení	Přídavek vody [%]	Napětí σ [kPa]	Změna napětí po zmrazení [%]
1	před	65	$2,2 \pm 0,1$	+64,5
	po		$6,2 \pm 0,2$	
2	před	70	$4,3 \pm 0,5$	-2,3
	po		$4,2 \pm 0,8$	
3	před	75	$3,7 \pm 0,6$	+17,8
	po		$4,5 \pm 0,5$	

8.2.2 Vliv zmrazení na Henckyho deformaci

Porovnáním Henckyho deformace u pohankového těsta před a po zmrazení bylo zjištěno, že u všech tří receptur došlo vlivem zmrazení ke zvětšení deformace (tab. 7). U pohankového těsta s obsahem vody 65 % došlo k největšímu nárůstu deformace a to o 32,89 %. U těsta s obsahem vody 70 % vzrostla deformace po zmrazení o 13,92 %. K nejmenšímu nárůstu Henckyho deformace u pohankového zmrazeného těsta došlo u receptury s nejvyšším obsahem vody a to o 10,00 %.

Tab. 7 Vliv zmrazení pohankového těsta na Henckeho deformaci.

Pohanková mouka	Zmrazení	Přídavek vody [%]	Henckeho deformace	Změna deformace po zmrazení [%]
Receptura			ϵ_H [1]	
1	před	65	$0,51 \pm 0,20$	+32,89
	po		$0,76 \pm 0,02$	
2	před	70	$0,68 \pm 0,08$	+13,92
	po		$0,79 \pm 0,04$	
3	před	75	$0,72 \pm 0,01$	+10,00
	po		$0,80 \pm 0,03$	

8.2.3 Vliv zmrazení na maximální natažení

Při porovnání maximálního prodloužení pohankového těsta před a po zmrazení, došlo u dvou ze tří receptur vlivem zmrazení k prosloužení maximálního natažení (tab. 8). Pouze u receptury s obsahem vody 70 % došlo po zamrazení ke zkrácení natažení o 7,2 %, i přesto jsou naměřené hodnoty maximálního natažení před i po zamrazení velmi vysoké v porovnání se zbývajícími dvěma recepturami. U pohankového těsta s obsahem vody 65 % došlo k prosloužení natažení o 8,9 %. K největšímu prodloužení maximálního natažení došlo u pohankového těsta s nejvyšším použitým přídavkem vody 75 % a to o 21,5 %.

Tab. 8 Vliv zmrazení pohankového těsta na maximální natažení.

Pohanková mouka	Zmrazení	Přídavek vody [%]	Maximální natažení E	Změna natažení po zmrazení [%]
Receptura			[mm]	
1	před	65	$16,03 \pm 0,1$	+8,9
	po		$17,6 \pm 0,7$	
2	před	70	$18,1 \pm 0,5$	-7,2
	po		$16,8 \pm 0,1$	
3	před	75	$16,1 \pm 0,6$	+21,5
	po		$20,5 \pm 0,1$	

8.3 Cizrnové těsto

8.3.1 Vliv zmrazení na napětí

Porovnáním zadrženého napětí cizrnovým těstem před a po zmrazení, pozorujeme, že u všech tří receptur došlo vlivem zmrazení ke zvýšení zadrženého napětí (tab. 9). U cizrnového těsta s přidavkem vody 65 % po zmrazení došlo k nárůstu napětí o 37,5 %. K největšímu nárůstu zadrženého napětí došlo u receptury se 70 % vody a to o 45,9 %. Naopak k nejmenšímu nárůstu napětí u cizrnového těsta po zamrazení došlo u receptury s nejvyšším přidáním množstvím vody (75 %) a to o 34,0 %.

Tab. 9 Vliv zmrazení cizrnového těsta na napětí.

Cizrnová mouka	Zmrazení	Přídavek vody [%]	Napětí σ [kPa]	Změna napětí po zmrazení [%]
Receptura				
1	před	65	$3,5 \pm 0,2$	+37,5
	po		$5,6 \pm 0,5$	
2	před	70	$3,3 \pm 0,3$	+45,9
	po		$6,1 \pm 0,4$	
3	před	75	$3,5 \pm 0,1$	+34,0
	po		$5,3 \pm 0,6$	

8.3.2 Vliv zmrazení na Henckeho deformaci

Porovnáním Henckeho deformace u cizrnového těsta před a po zmrazení, došlo vlivem zmrazení u dvou ze tří receptur ke zvětšení deformace, kdežto u receptury se 70 % vody došlo vlivem zmrazení ke snížení deformace o 8,33 %, i přesto jsou tyto naměřené hodnoty před i po zmrazení velmi vysoké a v porovnání se zbylými dvěma recepturami i nejvyšší (tab. 10). U cizrnového těsta s obsahem vody 65 % došlo ke zvýšení deformace o 2,70 %. Receptura s nejvyšším obsahem přidávané vody vykazovala po zmrazení nárůst deformace o 3,85 %.

Tab. 10 Vliv zmrazení cizrnového těsta na Henckeho deformaci.

Cizrnová mouka	Zmrazení	Přídavek vody [%]	Henckeho deformace	Změna deformace po zmrazení [%]
Receptura			ϵ_H [1]	
1	před	65	$0,72 \pm 0,02$	+2,70
	po		$0,74 \pm 0,02$	
2	před	70	$0,84 \pm 0,10$	-8,33
	po		$0,77 \pm 0,01$	
3	před	75	$0,75 \pm 0,04$	+3,85
	po		$0,78 \pm 0,03$	

8.3.3 Vliv zmrazení na maximální natažení

Porovnáním hodnot maximálního natažení cizrnového těsta před a po zmrazení, pozorujeme, že vlivem zmrazení došlo u dvou ze tří receptur k prosloužení maximálního natažení (tab. 11). Pouze u receptury se 70 % vody došlo po zmrazení ke zkrácení maximálního natažení a to o 7,8 %, přesto jsou naměřené hodnoty před i po zmrazení velmi vysoké. U cizrnového těsta s nejnižším přídavkem vody 65 % došlo k prodloužení maximálního natažení o 9,4 %. K největšímu prodloužení natažení u cizrnového těsta po zmrazení došlo u receptury s nejvyšším obsahem vody 75 % a to o 11,8 %.

Tab. 11 Vliv zmrazení cizrnového těsta na maximální natažení.

Cizrnová mouka	Zmrazení	Přídavek vody [%]	Maximální natažení	Změna natažení po zmrazení [%]
Receptura			E [mm]	
1	před	65	$16,4 \pm 0,1$	+9,4
	po		$18,1 \pm 0,9$	
2	před	70	$20,5 \pm 0,8$	-7,8
	po		$18,9 \pm 0,2$	
3	před	75	$17,9 \pm 0,2$	+11,8
	po		$20,3 \pm 0,1$	

9 DISKUSE

Procesy, které probíhají v bezlepkových těstech při mrazení, nebyly dosud uspokojivě popsány, proto se při interpretaci výsledků vycházelo z předpokladu, že vliv zmrazení na bezlepková těsta je podobný tomu u pšeničných těst.

Očekávaným chováním zmrazovaných vzorků bezlepkových těst při namáhání tahem, proto bylo zhoršení reologických vlastností, tedy snížení napětí, deformace a natažení těsta. Toto chování bylo pozorováno a popsáno u pšeničného zmrazeného těsta. K tomuto zhoršení dochází vlivem tvorby krystalů ledu, které ničí a trhá lepkovou síť, čímž dojde k úniku a nemožnosti dále zadržovat v těstě kypřící plyn s postupným vysycháním těsta během mrazení. Snížení reologických veličin také ovlivňuje obsah vody v receptuře, kdy čím vyšší obsah vody v pšeničném těstě je, tím jsou naměřené hodnoty nižší [16, 17, 20].

Naše experimentální hodnoty ukazují značnou variabilitu v chování měřených druhů mouk. Při porovnání jednotlivých reologických veličin mezi použitými moukami, můžeme pozorovat, že vlivem zmrazení došlo k největšímu nárůstu napětí (o 64,5 %) u amarantového těsta s obsahem vody 75 %, největšímu nárůstu deformace (o 32,89 %) u pohankového těsta s obsahem vody 65 % a největšímu natažení (o 21,5 %) u pohankového těsta s obsahem vody 75 %. Nepotvrdilo se tedy, že by zvýšený obsah vody v bezlepkových těstech určených k mrazení zhoršoval chování těchto těst, jako je tomu u pšeničného těsta, naopak, došlo u většiny vzorků ke zlepšení reologických vlastností.

Příčiny tohoto chování bezlepkového těsta na zmrazení budou předmětem dalšího zkoumání.

ZÁVĚR

Experimentálně zjištěná data byla překvapivá, jelikož se nepotvrdilo, že by vyšší obsah vody způsobil po zmrazení zhoršené chování bezlepkového těsta, jako je tomu u pšeničných těst.

Naopak se ukázalo, jak moc je obsah použité vody závislý na druhu zvolené mouky. Nejvhodnější receptura pro zamrazení je pro amarantové těsto s obsahem vody 75 %, pro pohankové 65 % a pro cizrnové těsto se 70 % vody.

Zajímavý je také fakt, že vlivem mrazení došlo ke zlepšení reologického chování bezlepkových těst, což byl neočekávaný výsledek, který bude třeba dále prozkoumat na makromolekulární úrovni s použitím reologických metod.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ALVAREZ-JUBETE, L., ARENDT, E. K., GALLAGHER, E. Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients, *Trends in Food Science and Technology*. 2010, roč.21, č. 2, s.106-113.
- [2] BELTON, P., TAYLOR, J. *Pseudocereals and Less Common Cereals*. 1. vyd. Berlin:Springer, 2002. 252 s. ISBN 3-540-42939-5.
- [3] SCHOENLECHNER, R., SIEBENHANDL, S., BERGHOFER, E. *Gluten-Free Cereal Products and Beverages*. Irsko: University College Cork, 2008. Kapitola 7. Pseudocereals. s. 146-190.
- [4] BARBA de la ROSA, A. P., FOMSGAAR, I. S., LAURSEN, B. Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) as an alternative crop for sustainable food production: Phenolic acids and flavonoids with potential impact on its nutraceutical quality, *Journal of Cereal Science*. 2009, roč. 49, č. 1, s. 117-121.
- [5] BONAFACCIA, G., MAROCCHINI, M., KREFT, I. Composition and technological properties of the flour and bran from common and tartary buckwheat. *Food Chemistry*. 2003, roč. 80, č. 1. s. 9-15.
- [6] JANOVSÁ, D., KALINOVÁ, J., MICHALOVÁ, A. *Metodika pěstování pohanky obecné v ekologickém a konvenčním zemědělství*. 1.vyd. České Budějovice: VÚRV, 2008. ISBN: 978-80-7427-000-0. 18s.
- [7] LI, S., ZHANG, Q. H. Advances in the development of functional foods from buckwheat. *Food Science and Nutrition*. 2010, roč. 41, č. 6. s. 451 - 464.
- [8] KREFT, I., MATEJA, G. Trace Organically grown buckwheat as a healthy food and a source of natural antioxidants. *Agronomski glasnik*. 2008, roč. 4, s. 397 – 406. ISSN 0002-1954.
- [9] MICHALOVÁ, A., ČEJKA L. Variabilita agronomických a nutričních znaků v genofondech pohanky, prosa a laskavce – možnosti jejího využití. In: *Alternativní a maloobjemové plodiny pro lidskou výživu*. Praha: VÚRV, 2006. s. 37 - 50.
- [10] SIDDIQUE, K.H.M., KRISHNAMURTHY, L. Chickpea: Agronomy, *Encyclopedia of Food Grains (Second Edition)*. 2016, roč.4, s.216-222.

- [11] KNIGHTS, E.J., HOBSON, K.B. Chickpea Overview, Encyclopedia of Food Grains (Second Edition). 2016, roč.1, s. 316-323.
- [12] GUTIÉRREZ-URIBE, J.A., GUAJARDO-FLORES, D., LOPEZ-BARRIOS, L. Legumes in the Diet, Encyclopedia of Food and Health. 2016, s. 539-543.
- [13] GIANNOU, V., KESSOGLOU V., TZIA, C. Laboratory of Food Chemistry and Technology: Duality and safety characteristic of bread made from frozen dough. Trends in Food Science and Technology. 2003, č. 14, s. 99-108.
- [14] HUI, Y. H. Food Biochemistry and Food Processing. 1. vyd. Oxford: Backwell, 2006. 769 s. ISBN 9780813803784.
- [15] PŘÍHODA, J., HUMPOLÍKOVÁ, P., NOVOTNÁ, D. Základy pekárenské technologie. 1. vyd. Praha: Pekař a cukrář s.r.o. Odborné nakladatelství a vydavatelství jako obchodní společnost Podnikatelského svazu pekařů a cukrářů v ČR, 2003, 363 s. ISBN 80-902922-1-6.
- [16] ŘEZÁČ, J. Vliv zmrazení na těsto a pečivo (I.). Pekař cukrář. 2009, roč. IXX, č. 4, s. 11.
- [17] SELOMULYO, V. O., ZHOU, W. Frozen bread dough: Effects of freezing storage and dough improvers. Journal of Cereal Science. 2007, č. 45, s. 1–17.
- [18] ROSELL, C.M. Bread: Chemistry of Baking, Encyclopedia of Food and Health. 2016, s. 484-489.
- [19] BUREŠOVÁ, I., LORENCOVÁ, E. Výroba potravin rostlinného původu: zpracování obilovin. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2013. ISBN 978-80-7454-278-7.
- [20] LERAY, G., OLIETE, B., MEZAIZE, S., CHEVALLIER, S., de LAMBALLERIE, M. (2010). Effects of freezing and frozen storage conditions on the rheological properties of different formulations of non-yeasted wheat and gluten-free bread dough. Journal of Food Engineering, 100(1), 70-76.
- [21] BOURNE, M. C. Food Texture and Viscosity - Concept and Measurement (2nd Edition). Elsevier, 2002.

- [22] CONSGROVE, T. (Ed.) Colloid science: Principles, methods and applications. Blackwell Publishing Ltd., 2005.
- [23] HEARN, E. J. Mechanics of Materials, Volume 1 - An Introduction to the Mechanics of Elastic and Plastic Deformation of Solids and Structural Materials (3rd Edition). Elsevier, 1997.
- [24] BUREŠOVÁ, I., KRÁČMAR, S., DVOŘÁKOVÁ, P., STŘEDA, T. (2014). The relationship between rheological characteristics of gluten-free dough and the quality of biologically leavened bread. *Journal of Cereal Science*, 60(2), 271-275.
- [25] DEMIRKESEN, I., MET, B., SUMNU, G., SAHIN, S. (2010). Rheological properties of gluten-free bread formulations. *Journal of food Engineering*, 96(2), 295-303.
- [26] SCIARINI, L. S., RIBOTTA, P. D., LEÓN, A. E., PÉREZ, G. T. (2010). Influence of gluten-free flours and their mixtures on batter properties and bread quality. *Food and Bioprocess Technology*, 3(4), 577-585.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

SMS	The stable micro systems
AACC	Americká asociace cereálních chemiků
σ	Napětí
ε_H	Henckyho deformace
E	Maximální natažení

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1: Amarant: a) rostlina, b) semena, c) mouka [2,3]</i>	13
<i>Obr. 2: Pohanka: a) rostlina, b) semena, c) mouka [5,6]</i>	14
<i>Obr. 3: Cizrna: a) rostlina, b) semena, c) mouka [10,11]</i>	16
<i>Obr. 4: Teflonová forma se vzorky těsta vložená do držáku</i>	29
<i>Obr. 5: Vzorek těsta umístěný na držák, který se vloží do přístroje</i>	29
<i>Obr. 6: Přístroj SMS/Kieffer extensibility rig s měřeným vzorkem</i>	29

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Číslo poklesu použitých bezlepkových mouk.</i>	27
<i>Tab. 2 Hodnoty Zeleného testu (SEDI) použitých bezlepkových mouk.</i>	27
<i>Tab. 3 Vliv zmrazení amarantového těsta na zadržené napětí.</i>	30
<i>Tab. 4 Vliv zmrazení amarantového těsta na Henckeho deformaci.</i>	31
<i>Tab. 5 Vliv zmrazení amarantového těsta na maximální natažení.</i>	31
<i>Tab. 6 Vliv zmrazení pohankového těsta na napětí.</i>	32
<i>Tab. 7 Vliv zmrazení pohankového těsta na Henckeho deformaci.</i>	33
<i>Tab. 8 Vliv zmrazení pohankového těsta na maximální natažení.</i>	33
<i>Tab. 9 Vliv zmrazení cizrnového těsta na napětí.</i>	34
<i>Tab. 10 Vliv zmrazení cizrnového těsta na Henckeho deformaci.</i>	35
<i>Tab. 11 Vliv zmrazení cizrnového těsta na maximální natažení.</i>	35