

Vliv délky doby mražení těsta a množství použitého droždí na kvalitu rohlíků

Bc. Iveta Stískalová

Diplomová práce
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav analýzy a chemie potravin

akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Iveta STÍSKALOVÁ**
Osobní číslo: **T10528**
Studijní program: **N 2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**

Téma práce: **Vliv délky doby mražení těsta a množství použitého droždí na kvalitu rohlíků.**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Mražení a zamrazování těsta.
2. Mražení a zamrazování pečiva.
3. Chemické složení bílkovin v pšeničné mouce.
4. Lepek.
5. Polysacharidy v pšeničné mouce.
6. Zlepšující přípravky.
7. Droždí.
8. Senzorické vlastnosti pekárenských výrobků.

II. Praktická část

1. Chemická analýza těst.
2. Stanovení aktivní kyselosti těst.
3. Reologické vlastnosti rohlíků.
4. Senzorická analýza rohlíků.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

1. PŘÍHODA, P., HUMPOLÍKOVÁ, P., NOVOTNÁ, D. **Základy pekárenské technologie**, 1.vydání, Pekař a cukrář s.r.o., Praha 2003
2. VELÍŠEK, J. **Chemie potravin 2**, OSSIS, Tábor 1999
3. PŘÍHODA, P., SKŘIVAN, P., HRUŠKOVÁ, M. **Cereální chemie a technologie I**, 1.vydání, VŠCHT, Praha 2004
4. BENEŠOVÁ, L. a kol. **Potravinářství V**, 1. vydání, Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha 1999
5. KRÍŽ, O. BUŇKA, F. HRABĚ, J. **Senzorická analýza potravin II, Statistické metody**, UTB Zlín, Zlín 2007

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Pavlína Boudová Pečivová, Ph.D.

Ústav technologie a mikrobiologie potravin

Datum zadání diplomové práce:

6. ledna 2012

Termín odevzdání diplomové práce:

21. května 2012

Ve Zlíně dne 15. února 2012


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




doc. Ing. Miroslav Fišera, CSc.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno:

Obor:

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

.....

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 nevydělečně 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 jim 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 přihlídí k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Cílem této diplomové práce bylo sledovat vliv délky doby mražení těsta a množství použitého droždí na kvalitu, jakost, texturu a organoleptické charakteristiky rohlíků. Byly provedeny chemické analýzy těsta a upečených rohlíků.

Z naměřených hodnot nebyl shledán rozdíl v obsahu vody v jednotlivých vzorcích těsta. Hodnota pH se snižovala se zvyšujícím se přídavkem droždí oproti kontrolnímu vzorku. Délka doby mražení těsta neměla výrazný vliv na celkový obsah vody v rohlících.

Měření texturních vlastností rohlíků na texturním analyzátoru TA-XT Plus ukázalo, že množství přídavku droždí mělo vliv na tuhost (A, F) rohlíků. Kontrolní vzorky u obou měření vykazovaly nejvyšší tuhost (A, F), se zvyšujícím se přídavkem droždí se tuhost snižovala. 2. den po upečení se tuhost(A,F) u jednotlivých vzorků měnila v závislosti na době mražení a přídavkům droždí.

V rámci senzorického hodnocení vzorků rohlíků po 24, 48 a 72 hodinách mražení nebyly zjištěny mezi vzorky žádné rozdíly ve sledovaných charakteristikách. Ve vizuálním zhodnocení kvality povrchu a pórovitosti střídy u rohlíků způsobovaly vyšší dávky droždí nežádoucí změny ve vzhledu u povrchu rohlíků a co se týče pórovitosti, střída měla řídkou nepravidelnou strukturu pórů.

Klíčová slova: mražení těsta, pečivo, droždí, zlepšující přípravky, chemická analýza, textura, senzorická analýza

ABSTRACT

The target of this diploma work was to observe the influence of freezing time of dough and the amount of yeast used on the quality, texture and organic-sticky characteristics of rolls. Chemical analyses of dough and baked rolls were carried out.

A difference in the content of water in individual dough samples was not found from the measured values. The pH value decreased as the amount of yeast increased compared to the controlled sample. The freezing time of dough did not have any significant influence on the overall content of water in the rolls.

Measuring the textural characteristics of rolls on the TA-XT Plus texture analyzer showed that the amount of yeast had an influence on the firmness (A, F) of the rolls. The control

samples showed the highest firmness (A, F) for both measurements. The firmness (A, F) decreased as the yeast additives increased. Firmness (A, F) of individual samples were changed in comparison to freezing time and amount of yeast, 2nd day after baking.

In the sensory evaluation of roll samples, no difference in the observed characteristics was found after 24, 48 and 72 hours of freezing. In the visual evaluation of surface quality and level of pores in crumbs, a higher dose of yeast caused undesirable changes in appearance on the rolls' surface. In terms of pores, crumbs showed a sparse irregularity in the structure of pores.

Key words: freezing of dough, bread, yeast, additives, chemical analysis, texture, sensory analysis

Touto cestou bych ráda poděkovala Ing. Pavlíně Boudové Pečivové, Ph.D., za odborné vedení, za poskytnutí užitečných rad a materiálů při zpracování této diplomové práce.

Poděkování patří také technologovi pekárny Topek s.r.o panu Jaroslavu Švachovi, za praktickou pomoc a odborné rady při práci v pekárně. Poděkování také patří majitelům pekárny Topek s.r.o panu Ing. Miroslavu Lapčíkovi a Bronislavu Lapčíkovi a všem ostatním zaměstnancům za pomoc při výrobě a senzorickém zhodnocení pečiva.

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

OBSAH

ÚVOD	11
TEORETICKÁ ČÁST	12
1 MRAŽENÍ A ZAMRAŽOVÁNÍ TĚSTA	13
1.1 KRYOPROTEKTORY.....	13
1.2 MRAŽENÍ A ZAMRAŽOVÁNÍ PEČIVA.....	14
1.2.1 Charakteristika zmražených pekařských výrobků.....	14
1.3 TYPY MRAZÍCÍCH SYSTÉMŮ.....	15
1.3.1 Zmrazování v proudu vzduchu.....	15
1.3.2 Deskové zmrazovače.....	15
1.3.3 Kryogenní zmrazování.....	16
1.4 VLIV MRAŽENÍ NA KVALITU PEČIVA.....	16
2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ BÍLKOVIN V PŠENIČNÉM TĚSTĚ	17
2.1 POŽADAVKY NA KVALITU PŠENIČNÉ MOUKY.....	18
2.1.1 Denaturace a hydratace bílkovin.....	18
2.2 LEPEK.....	19
2.3 POLYSACHARIDY V PŠENIČNÉ MOUCE.....	21
2.3.1 Škrob.....	21
2.3.2 Želatinace (mazovatění) škrobu.....	21
2.3.3 Retrogradace.....	22
2.3.4 Chemické a technologické změny v potravinách.....	22
2.4 AMYLOSA A AMYLOPEKTIN.....	24
3 ZLEPŠUJÍCÍ PŘÍPRAVKY	25
3.1 VLIV SUROVIN A PŘÍDAVNÝCH LÁTEK NA JAKOST ZMRAZENÝCH TĚST.....	27
3.2 DROŽDÍ.....	27
3.2.1 Droždí pro zmrazená těsta.....	28
3.2.2 Složení pekařského droždí.....	29
3.2.3 Funkce droždí.....	29
3.3 SŮL.....	30
3.4 OLEJ.....	30
4 SENZORICKÉ VLASTNOSTI PEKÁRENSKÝCH VÝROBKŮ	32
4.1 VLASTNOSTI POTRAVIN SLEDOVANÉ SENZORICKOU ANALÝZOU.....	32
4.2 SENZORICKÉ HODNOCENÍ TEXTURY POTRAVIN.....	32
4.3 ODBĚR A ÚPRAVA VZORKŮ PŘED ANALÝZOU.....	32
4.4 ZPŮSOB PODÁVÁNÍ VZORKŮ.....	33
4.5 REOLOGICKÁ MĚŘENÍ PEKÁRENSKÝCH VÝROBKŮ.....	33
4.6 MĚŘENÍ PRUŽNOSTI TĚST NA TEXTURNÍM ANALYZÁTORU.....	34

I	PRAKTICKÁ ČÁST	35
5	MATERIÁL A METODIKA	36
5.1	CÍL PRÁCE.....	36
5.2	MATERIÁL.....	37
5.3	METODIKA.....	39
5.3.1	Výroba těsta k mražení.....	39
5.3.2	Výroba polotovarů.....	39
5.3.3	Kynutí a dopékání klonků.....	40
5.4	CHEMICKÁ ANALÝZA TĚST A ROHLÍKŮ.....	40
5.4.1	SLEDOVÁNÍ TEPLoty TĚST V ZÁVISLOSTI NA DOBĚ MRAŽENÍ.....	40
5.4.2	MĚŘENÍ TEXTURNÍCH VLASTNOSTÍ ROHLÍKŮ.....	41
5.4.3	SENZORICKÁ ANALÝZA UPEČENÝCH ČERSTVÝCH ROHLÍKŮ.....	41
5.4.4	STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ Z JEDNOTLIVÝCH ANALÝZ.....	42
6	VÝSLEDKY	43
6.1	CHEMICKÉ ANALÝZY.....	43
6.2	TEXTURNÍ ANALÝZA ROHLÍKŮ PO UPEČENÍ A DRUHÝ DEN PO UPEČENÍ.....	47
6.3	SENZORICKÁ ANALÝZA ROHLÍKŮ PO UPEČENÍ.....	52
	ZÁVĚR.....	56
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	58
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	62
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	63
	SEZNAM TABULEK.....	64
	SEZNAM PŘÍLOH.....	65

ÚVOD

Historicky je známo využívání konzervace zamražením, k prodlužování trvanlivosti a tím i čerstvosti, pekařských výrobků. Příkladem jsou polární výpravy ve třicátých letech minulého století, kdy využívali k zakonzervování chlebů působení mrazivého a dokonale čistého vzduchu v Antarktidě.

Technika a technologie chlazení a zmrazování patří v současné době k trendům, které zasahují celý komplex pekařské výroby, včetně skladování a expedice. Zavedení chladírenské techniky do pekáren stále přibývá a její vývoj se neustále zdokonaluje.

Za velký pokrok v pekárenském průmyslu je považována výroba zmrazených těst, či výrobků v různých fázích zpracování. Jedná se o výrobky syrové mražené, předkynuté, či předpečené.

Pro všechny druhy zmrazených výrobků je téměř nezbytné používání zlepšujících přípravků. Výběr, složení a kombinace jednotlivých látek u zlepšujících přípravků, zaručuje výrobu pečiva v požadované kvalitě.

Dostupnost čerstvého pečiva, běžného i jemného, je jedním z nejdůležitějších aspektů. Spotřebitel požaduje pečivo v co nejlepší kvalitě, pod kterou si jednoznačně představuje čerstvost, chuť a široký sortiment, jako jeho základní užité vlastnosti. Rozvoj a využití chladicí a mrazicí technologie v pekárenském oboru se stává nezbytnou nutností. Pekárenská výroba se stále rozvíjí za použití moderních metod výroby pečiva.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 Mražení a zamrazování těsta

Zmrazování, jako jeden ze způsobů konzervace pekařských výrobků se poprvé objevil před šedesáti lety. Od té doby došlo v jejich průmyslovém zpracování k mohutným změnám, týkajících se rozmanitostí sortimentu a množství produkováných zmražených pekárenských výrobků, a tím souvisejícím způsobem nabízení konečnému spotřebiteli. V průběhu vývoje zmrazování, jako nového způsobu uchování a prodloužení čerstvosti pekařských výrobků, prošlo třemi stadii technologických modifikací [1, 2, 3].

V *prvním* období se zmrazovaly hotové, zcela upečené výrobky. Spotřebiteli se prodávaly ve zmraženém nebo rozmraženém stavu.

Druhou fází představovala výroba zmrazených těst, která byla prostřednictvím maloobchodu dodávána k dopékání do domácností nebo do gastronomických zařízení. V tomto období se nejvíce prosazovala výroba těst k přípravě nejrůznějších druhů jemného pečiva a cukrářských výrobků. Byly to těsta listová, plundrová, piškotová s vysokým obsahem tuku, distribuovány v nejrůznějších tvarech [1].

V současnosti je nejrozšířenější *třetí* způsob, který zahrnuje výrobu zmrazených těst na nejrůznější pekařské výrobky v komerčních pekárnách nebo závodech, specializovaných na tento typ zmrazených výrobků. Předností tohoto způsobu je, že nabízí zákazníkům zcela čerstvé upečené výrobky, se všemi žádanými aspekty čerstvého pečiva, včetně organoleptických a texturních vlastností [1, 4].

Výstavba nových závodů, specializovaných na výrobu zmrazených těst a pekařských výrobků v USA, Kanadě, Německu i v dalších státech a vytváření renomovaných pekařských společností, zaměřených výhradně na zmrazování jednoznačně naznačuje, že výroba zmrazených těst a pekařských výrobků vyhovuje současnému životnímu stylu a bude se i nadále rozvíjet [1, 5].

1.1 Kryoprotektory

Jako kryoprotektory se označují látky, které chrání biologický materiál před poškozením během zmrazování a rozmrazování. Jedním z přírodních kryoprotektorů je *trehalosa*, neredukující disacharid tvořený dvěma glukózovými jednotkami, která je hlavním rezervním cukrem kvasničných buněk. Jako další kryoprotektory se uplatňují některé aminokyseliny (Alanin, Glycin, Prolin, Valin), glycerol, glukóza, NaCl [1, 31].

1.2 Mražení a zamrazování pečiva

K historii zmražených výrobků a ke stadiím technologických modifikací jsem se již vyjádřila v kapitole 1.

Systémy mražení pečiva zahrnují metody a postupy, které umožní prostorové a časové oddělení přípravy těsta a dopékání pečiva.

Rozpětí teplot při kynutí těsta je dáno surovinou – těstem. Látky obsažené v těstě, jako je droždí a enzymy, jsou ovlivňovány především teplem. Droždí kypří těsto a enzymy v komplexních biochemických procesech způsobují štěpení škrobu, čímž přispívají k vytvoření kvalitativních faktorů, jako je aroma, barva a chuť. Zatímco při teplotě 32 °C je maximální aktivita droždí, tak při 50 °C buněčná bílkovina droždí tuhne a kynutí těsta je úplně zastaveno. Pomocí inhibice chladu klesá aktivita enzymů a droždí. Kynutí droždí při teplotě -2 °C je zastaveno. Během toho je enzymatická aktivita silně zpomalena, ale ne zcela zastavena. Při teplotách pod -18 °C je aktivita droždí zcela a aktivita enzymů maximálně zastavena [47].

1.2.1 Charakteristika zmražených pekařských výrobků

Zmrazené pekařské výrobky se rozdělují podle hledisek:

- těstové klonky se zmrazují nenakynuté,
- těstové klonky se zmrazují částečně, nebo zcela vykynuté,
- vytvarované výrobky se zmrazují v různém stupni dopečení, kdy se získá pečivo „polopečené“ (proces pečení je přerušeno po dvou třetinách normální doby pečení),
- „předpečené“, které po třech čtvrtinách normální doby vykazuje typické znaky upečeného výrobku [1, 6, 7].

Pekařské výrobky se rozdělují podle kategorií:

- Za „bake-off“ se považují zmrazené těstové kusy, vyrobené ve vysokovýkonném zařízení, které je nutno na místě finální úpravy nejprve rozmrazit, nechat vykynout a poté dopéci.
- Výrobky označované jako „par-baked“ jsou částečně předpečené a zmrazené, které je třeba před expedováním rozmrazit a dopéct.
- Výrobky, které jsou zcela upečeny, zmrazeny a rozmrazeny před prodejem, se nazývají „thaw-and-sell“ („rozmraz a prodej“) [1].

1.3 Typy mrazících systémů

Zmrazování je způsob konzervace, který zpomaluje průběh fyzikálních změn a současně snižuje rychlost chemických a mikrobiálních pochodů, způsobujících znehodnocení potravinářských výrobků. V důsledku snížení teploty se nepřímo inaktivují mikroorganismy a zvyšuje se podíl vody vázané na makromolekulární komponenty, čímž se snižuje množství vody využitelné mikroorganismy.

Proces zmrazování probíhá ve třech fázích:

- v první fázi se výrobek ochlazuje až k bodu mrazu,
- ve druhé fázi dochází odnímáním skupenského tepla tání výrobku, k přeměně vody na krystalky ledu,
- ve třetí fázi pokračuje zmrazování až do dosažení teploty, požadované pro mrazírenské skladování (-18°C) [8, 9].

1.3.1 Zmrazování v proudu vzduchu

Při tomto způsobu mechanického zmrazování, je výrobek vystaven proudu ledového vzduchu o teplotě -29°C až -40°C . Pekařské výrobky se v kartonech uložených na vozících zmrazují v mrazících boxech. Hlavním nedostatkem tohoto způsobu je, že jednotlivé výrobky nejsou vystaveny působení chladícího média rovnoměrně, takže výrobky uprostřed vyžadují mnohem delší dobu ke zmrazení, než výrobky na okrajích. Dříve se používaly víceřadé dopravníkové systémy, které byly nahrazeny spirálovými zmrazovači [9, 10, 11,12]. V současnosti jsou spirálové zmrazovače standardním vybavením mrazírenských sekcí téměř všech pekáren [1].

1.3.2 Deskové zmrazovače

Desková mrazící zařízení se používají výhradně ke zmrazování balených výrobků plochého tvaru. Jsou tvořena řadou horizontálně uspořádaných desek, kolem kterých proudí chladící medium. Zmrazované výrobky se umísťují mezi desky tak, aby každý balený produkt byl s horní a dolní plochou v přímém kontaktu s deskou. Výhodou deskových zmrazovačů je minimální potřebný prostor. Nevýhodou je nízká flexibilita pro zmrazování výrobků rozdílné velikosti [3, 13].

1.3.3 Kryogenní zmrazování

Kryogenní zmrazování je definováno jako zmrazování při teplotách nižších než -59°C [14]. K dosažení takto nízkých teplot se používají kryogenní materiály, zejména kapalný dusík (-196°C), produkt kryogenní destilace vzduchu a zkapalněný oxid uhličitý (-78°C) [2, 15, 17].

Zmrazování kapalným dusíkem se provádí několika způsoby:

- ponořením výrobku do kapalného dusíku,
- rozprašováním kapalného dusíku na výrobky,
- cirkulace chladných par v prostoru s výrobky.

Pro zmrazování pekařských výrobků se používá kombinace rozprašování a cirkulace chladných par pro domrazování [14]. Během kryogenního mražení vznikají malé krystalky ledu současně v mezibuněčném prostoru i uvnitř buněk současně, a tak nedochází k narušení buněčných stěn. Přednostmi použití kapalného dusíku jsou především vysoká jakost výrobků a zachování textury výrobku při rozmrazování. Nevýhodou kryogenního zmrazování jsou vyšší provozní náklady. Systémy jsou využívány při menších objemech výroby a v případech potřeby velmi rychlého zmrazení [1, 42].

1.4 Vliv mražení na kvalitu pečiva

Výroba zmražených produktů je charakterizována jako způsob uchování trvanlivosti, který zajišťují přerušené procesy kynutí a pečení. Pokud se těsto zmrazí, sledujeme řadu procesů. Zmrazíme-li nenakynuté těsto, pak je třeba po rozmražení prodloužit fázi kynutí, což vede k dřívějšímu nástupu poškození kvasinek. Následuje současně rozpad vaznosti, jako následek možné krystalizace těsta působením velkých krystalů ledu. Skutečnost, že předkynuté zmrazené klonky a nevykynuté zmrazené klonky vykazují jiné složení plynů a z toho důvodu mají odlišnou schopnost přenosu tepla, nebyla ve většině případů zohledňována. Také vliv CO_2 v podmínkách mrazu na obsah látek v těstě, respektive na kvalitativní znaky pečiva, nebyl dostatečně sledován [45].

Trvanlivost pečiva lze prodloužit zmrazováním i v upečeném stavu. Je nutné při zmrazování co nejrychleji překonat teplotní interval od $+30^{\circ}\text{C}$ do -7°C , ve kterém probíhá retrogradace škrobu. Pokud již retrogradace u pečiva začala, je zmrazování neúčinné [46].

2 Chemické složení bílkovin v pšeničné mouce

Ze všech látek obsažených v pšeničném zrně mají největší význam bílkoviny, a to jak z hlediska technologického, tak nutričního. Jejich množství kolísá v rozpětí od 12 – 13 % v sušině zrna [40].

Základní stavební složkou jsou aminokyseliny. Dominantní aminokyselinou v obilovinách je kyselina glutamová, která je přítomna ve formě svého aminu – glutaminu a představuje více než 1/3 z celkového obsahu aminokyselin. Druhou nejvíce zastoupenou aminokyselinou je prolin (více jak 10 % v pšeničné bílkovině), která svým prostorovým uspořádáním dává předpoklad k vytvoření pružné bílkovinné struktury pšeničného těsta. Nízký obsah je lysinu, treoninu, tryptofanu, valinu, leucinu a izoleucinu [19].

V proteinech jsou aminokyseliny vázány peptidovými vazbami, tak že se mohou hydrolyzovat zpětně štěpit na peptidy až na aminokyseliny. Hydrolyza může proběhnout působením enzymů, kyselin nebo zásad [26].

Bílkoviny pšeničného zrna se dělí podle různých hledisek, např. podle rozpustnosti, velikosti molekul, chemického složení atd.[41].

V roce 1907 publikoval Osborne frakcionaci pšeničných proteinů na základě jejich rozpustnosti.

Bílkoviny byly tak rozděleny do čtyř skupin:

- albuminy (rozpustné ve vodě)
- globuliny (rozpustné v roztocích solí)
- prolamininy (rozpustné v 70 % etanolu)
- gluteliny (zčásti rozpustné ve zředěných roztocích kyselin a zásad) [21].

Pšeničné prolamininy se nazývají gliadiny a pšeničné gluteliny se označují jako gluteniny. Souhrně se gliadiny a gluteniny označují jako lepkové bílkoviny [41].

Albuminy se snadno rozpouštějí ve vodě a srážejí se z roztoků vysokými koncentracemi síranu amonného (70 -100 % nasyceného roztoku). Jejich molekulová hmotnost je 15 000-50 000. Globuliny jsou nejrozšířenějšími bílkovinami, vyskytují se téměř ve všech buňkách. Velikost molekuly je proměnlivá od 40 000 do několika milionů [26].

2.1 Požadavky na kvalitu pšeničné mouky

Při výrobě zmrazených těst je mouka vystavena negativním účinkům zmrazení a rozmrazování, a proto se doporučuje používat pouze kvalitní silnou mouku s obsahem 13-14 % proteinu (lepku) a střední enzymatickou aktivitou. Kvalita mouky a tím i těsta, se může zvýšit fortifikací vitálním lepem. Ten působí jako kryoprotektor (kapitola 1.1), kdy snižuje množství volné vody v těstě. Příliš vysoké množství lepku ale zhoršuje barvu, chuť i texturu hotového výrobku [18,19].

Pro pšeničnou mouku jsou doporučeny následující ukazatele:

- pádové číslo-optimální hodnota je 250 s,
- obsah mokrého lepku okolo 30 %,
- Gluten Index v rozmezí 75 – 85,
- xylografické maximum 400 – 800 Aj,
- farinografická vaznost 52 – 58 %,
- stabilita těsta 2 – 4 min,
- pokles konzistence max. 110 FJ [36].

2.1.1 Denaturace a hydratace bílkovin

Denaturace bílkovin se označuje jako soubor konformačních změn a patří k nejdůležitějším fyzikálním vlastnostem proteinů. K denaturaci proteinů dochází nejen při tepelném zpracování potravin, ale i vlivem nízkých teplot při zmrazování, a to v intervalu teplot mezi 0 °C až -15 °C [26].

Kauzmann definuje denaturaci jako soubor procesů, při nichž se mění konformace polypeptidických řetězců v molekule ze stavu typického pro přírodní protein do méně uspořádaného stavu. Změny konformace mohou být reverzibilní (vratné) nebo ireverzibilní (nevratné). Převod denaturovaného proteinu na původní nativní formu se nazývají renaturace.

Hydratace patří mezi fyzikální vlastnosti proteinů. Příčinou hydratace je skutečnost, že řada funkčních skupin proteinů má nesdílený elektronový pár, takže může vázat vodíko-

vým můstkem molekulu vody. Molekula proteinu je obklopena vodním filmem a řada proteinů vytváří koloidní roztoky.

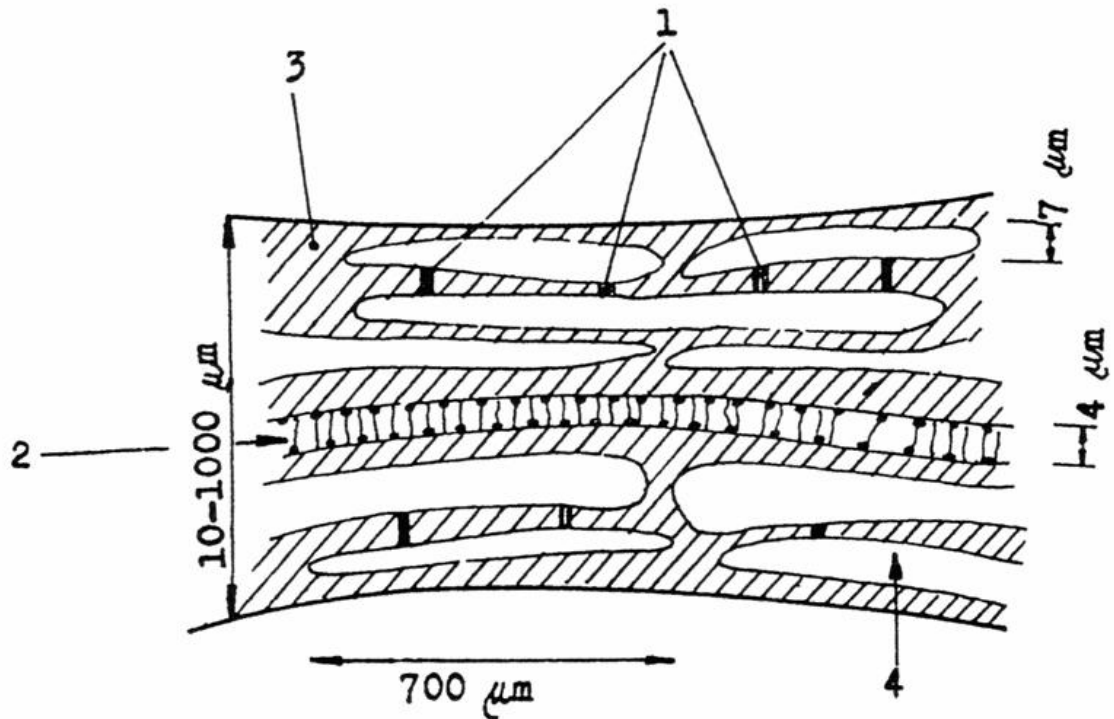
2.2 Lepek

Pšeničné gliadiny a gluteliny patří mezi rozpustné (ve zředěných roztocích solí, kyselin a zásad a v 70 % etanolu, nekoagulující za tepla) proteiny, které mají velký význam v potravinářství. Gliadin je nízkomolekulární zásobní pšeničná bílkovina. Strukturu gliadinu tvoří jeden peptidový řetězec, v němž se střídají krátké spirálové úseky (α – helix) s hydrofobními zbytky. Gliadiny obsahují velké množství vázaného prolinu a glutaminu a neobsahují lysin, ježichž příkladem je pšeničný gliadin. Gluteliny obsahují značné množství glutamové kyseliny, jež je příkladem pšeničný glutenin, a jsou to vysokomolekulární zásobní pšeničné bílkoviny. Je tvořen směsí bílkovinných podjednotek, kde se uplatňují vodíkové a disulfidické vazby, čímž je dosaženo vysokých molekulových hmotností [19, 26].

Obě tyto skupiny proteinů po smíchání s vodou vytváří tuhou elastickou hmotu zvanou lepek. Za současného vložení mechanické energie na hnětení za přítomnosti vzdušného kyslíku tvoří pevný gel.

Pšeničná mouka je v podstatě rozdrcený endosperm a při spojení s vodou dochází právě ke vzniku lepku, který tvoří vlastní strukturu těsta. Lepek je příčinou vlastností těsta, jeho tažnosti a pružnosti. Pšeničný lepek je pružný gel, jenž se dá z těsta izolovat vypíráním proudem vody, přičemž se postupně vyplavují látky rozpustné ve vodě a škrob. Zůstane pružná substance, kterou označujeme „mokrý lepek“. Vypraný lepek je složen z 90 % proteinů, 8 % lipidů a 2 % sacharidů v sušině [23].

Lepek tvoří trojrozměrnou síť peptidových řetězců, propojených navzájem můstky a vazbami, především disulfidické můstky mezi jednotlivými aminokyselinami (obr.1).



Obr.1 : Model struktury hydratovaného lepkového vlákna (Hampl, 1988)

Popis struktury : 1- vodíkové můstky, 2- vrstva lipoproteidu, 3- vodní fáze, 4- bílkovinné destičky [44]

2.3 POLYSACHARIDY V PŠENIČNÉ MOUCE

Z polysacharidů je nejvýznamnější škrob, jeho složení, struktura, technologické vlastnosti škrobových zrn (mazovatění, bobtnání, retrogradace) či působení amylolitických enzymů (α - a β - amylasy) na škrob.

2.3.1 Škrob

Granule škrobu se vyskytují v amyloplastech volné, nejsou chemicky a fyzikálně nijak vázány na jiné složky suroviny. Jejich měrná hmotnost je kolem $1\,600\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$, a proto je lze po rozdrcení suroviny vypíráním a dekantací na sítích nebo v odstředivkách oddělit a získat škrob v čisté formě [25].

2.3.2 Želatinace (mazovatění) škrobu

Škrobová zrna jsou ve vodě nerozpustná a směs tedy tvoří suspenzi. Při zahřevu suspenze nepoškozených škrobových zrn množství absorbované vody roste, dochází k příjmu vlhkosti beze změny objemu. Děj se nazývá **imbibice**. Na jednu molekulu glukosy připadá 1,5 molekuly vázané vody [26].

Až do určité teploty, při které nastává bobtnání zrn, se jedná o rezervibilní proces, tepelným pohybem se přerušují stávající vazby a volná vazebná místa interagují s vodou. Tato teplota se označuje jako počáteční želatinační teplota (50-70 °C), závisí na druhu škrobu a vzájemném poměru škrobu a vody, pH prostředí a přítomnosti dalších složek (soli, cukry, lipidy, bílkoviny) [26].

Při dalším zahřevu se molekuly amylosy a amylopektinu uvolňují do prostředí, kde jsou zcela hydratovány. Jako důsledek hydratace a uvolnění amylosy z granulí roste viskozita a při dostatečné koncentraci škrobu vzniká škrobový maz. Ten obsahuje molekuly amylopektinu a amylosy. Pokračuje-li zahřev, viskozita klesá ztrátou integrity granulí. Ochlazením škrobového mazu viskozita opět roste obnovou vodíkových můstků mezi molekulami amylopektinu a amylosy. Je-li koncentrace škrobu dostatečná vzniká z tohoto solu trojrozměrná síť zachycující velké množství vody, tzv. **škrobový gel**. Škrobový gel je komplexním systémem želatinových granulí tvořených amylosou [25].

Reologické vlastnosti škrobových gelů závisí

- na původu škrobu,

- stupni degradace granulí,
- vzájemném poměru interreagujících polysaridů amylosy a amylopektinu,

teplotě a množství přítomné vody [26].

Cereální škroby tvoří kalné, opaleskující gely. Gely s amylosových škrobů vznikají rychleji a při vyšších teplotách. Jsou pevnější a jejich pevnost roste s koncentrací škrobu ale rychle u nich dochází k rozsáhlé retrogradaci [25].

2.3.3 Retrogradace

Jde o opak želatinace. Zmazovatěný škrob není v termodynamické rovnováze, dochází ke změně struktury a reologických vlastností škrobových gelů a past. Rychlost a rozsah retrogradace závisí na původu škrobu, teplotě a obsahu vody.

Při skladování škrobových gelů je při teplotě < -5 °C retrogradace silně inhibována, v rozmezí 5 °C až pokojová teplota se rychlost retrogradace zvyšuje. Nad tento rozsah teplot dochází k opětovnému potlačení retrogradace [26].

Pro mražené potraviny se lépe hodí voskové škroby s vysokým obsahem amylopektinu, kde je rozsah retrogradace malý. Při skladování za nízkých teplot dochází u těchto škrobů ke ztrátě čirosti a vaznosti gelů, což je připisováno intermolekulárním asociacím postranních řetězců. Retrogradace je také ovlivňována množstvím vody ve škrobovém gelu, přítomností soli a cukru. Vliv jednotlivých cukrů na retrogradaci škrobu závisí na koncentraci, potlačována je i za přítomnosti lipidů tvorbou sloučenin s amylosou [25].

2.3.4 Chemické a technologické změny v potravinách

Při kynutí těsta jsou amylasami napadána škrobová zrna, škrob se částečně hydrolyzuje α -amylasou a β -amylasou na maltosu a ta je maltasou hydrolyzována na glukosu. Endoglykosidasa α -amylasa uvolňuje α -(1→4) glykosidické vazby amylosy na náhodném místě polymeru a vzniká glukosa, maltosa a tzv. lineární **dextriny**.

Reologické vlastnosti těsta jsou určovány hlavně vlastnostmi lepku. Žádoucí struktura těsta vzniká jako důsledek interakcí částečně zbotnalých granulí škrobu s bílkovinami lepku, s pentosany, denaturovanými bílkovinami a mazovatěním škrobu. Při výrobě pečiva a jeho

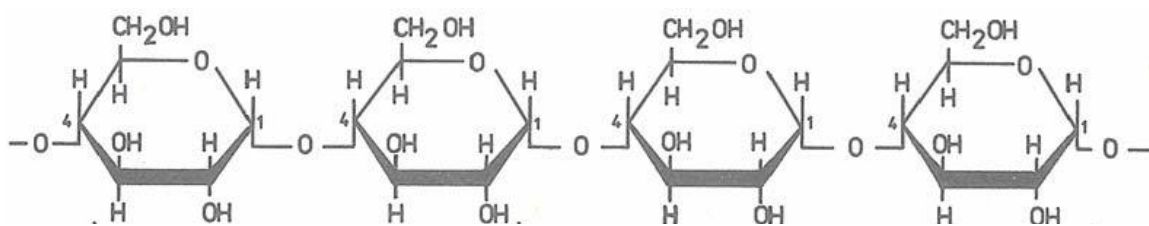
následném upečení se obsah vody ve středce prakticky nemění, výsledný stupeň želatinace škrobu a konzistence střídky závisí na množství vody použité při zadělávání těsta.

Lipidy a monoacylglyceroly používané jako emulgátory tvoří s amylosou sloučeniny a zpomalují bobtnání granulí škrobu a rozsah želatinace je nižší [25].

2.4 Amylosa a amylopektin

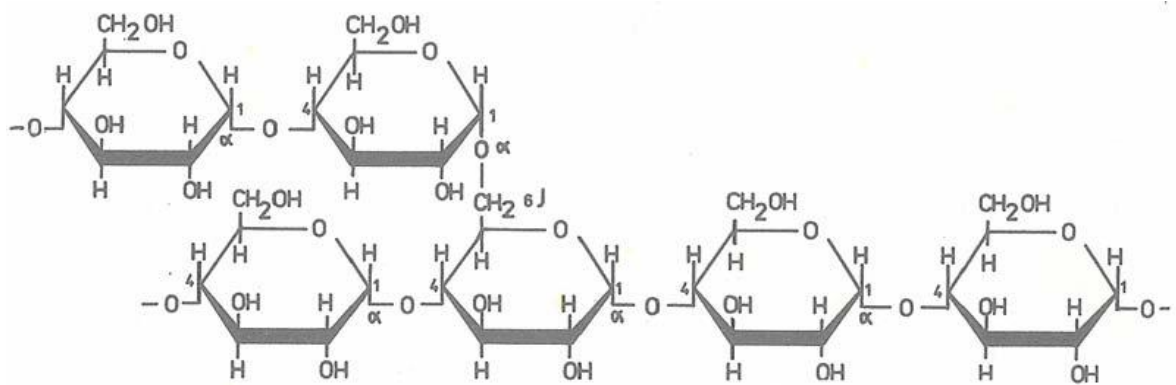
Škrob je směs dvou polysacharidů **amylosy** a **amylopektinu**, složených z molekul α -D-glukopyranosy obvykle v hmotnostním poměru 1:3 [32].

α -amylosa (α -D-(1 \rightarrow 4)-glukan) je směsí polymerů s různým stupněm polymerace obsahující 250 až 4 500 glukosových zbytků vázaných α (1 \rightarrow 4)-glykosidovými vazbami. Molekulová hmotnost amylosy se pohybuje v rozmezí 200 až 1 000 kDa a je ve vodě rozpustná. Enzymem *α -amylasou*, který štěpí pouze vazbu α (1 \rightarrow 4), se amylosa hydrolyzuje na maltosu, základní stavební jednotku amylosy.



Obr. 2: Amylosa [32]

Amylopektin je nerozpustný ve vodě, v teplé vodě pouze bobtná. Není tvořen pouze přímými řetězci glukosových jednotek pojených α (1 \rightarrow 4)-glykosidovou vazbou, ale má i boční větvení (stavební jednotkou je isomaltosa) s glykosidovými vazbami α (1 \rightarrow 6) a to přibližně po každých dvaceti až pětadvaceti glukosových zbytcích. Molekulová hmotnost dosahuje až 200 MDa [26, 32].



Obr. 3: Amylopektin [32]

3 Zlepšující přípravky

Zmrazování, skladování a rozmrazování má negativní vliv na kvalitu těsta. Použití zlepšujících přípravků standardizuje nevyrovnanost v kvalitě mouky a prodlužuje trvanlivost pečiva.

Zlepšující přípravky působí v různých fázích výroby pečiva. Například upravují vlastnosti těsta nebo ovlivňují sensorické vlastnosti pečiva. Mezi vlastnosti pečiva řadíme barvu, vzhled a texturu kůrky i střídky, chuť a vůni, objem a tažnost [19].

Moderní komplexní zlepšující přípravky umožňují vyrábět těsto na záraz, okamžitě bez zrání ho dělit, tvarovat, mrazit a rozmrazit, následně kynout, tepelně do různých stádií zapékat, opět zmrazovat a dopékat s dosažením organoleptických, vizuálních i objemových parametrů.

Základní účinné přísady ve zlepšujících prostředcích obsahují *enzymy, emulgátory, oxidační a redukční látky, fortifikanty, hydrokoloidy a konzervanty*[38].

Enzymy – jsou makromolekulární proteinové biokatalyzátory, typickým zástupcem skupiny jsou *amylázy*.

Amylázy jsou enzymy štěpící řetězce škrobu na jednoduché cukry. Nejvyšší aktivita enzymů je v teplotním rozmezí 30 – 55 °C, potom aktivita klesá a jejich činnost ustává při 70 °C. Urychlují kvašení, stárnutí těsta, zvyšují vývin oxidu uhličitého, zabarvují kůrku, zvyšují pórovitost a prodlužují trvanlivost pečiva.

Proteázy – zeslabují silný lepek, těsto se stává tažnější, pružnější a elastičtější. Tyto vlastnosti jsou žádoucí při mísení těst.

Hemicelulozy zvyšují vaznost mouky.

Pentosanázy zvyšují objem i lepivost těsta.

Lipooxygenázy napomáhají při zvětšení objemu těst a stability při mísení.

Peroxidázy zvyšují odolnost těsta při mísení [38, 39].

Emulgátory – jsou sloučeniny, které usnadňují vznik a stabilitu emulzí. Přírodním emulgátorem je *lecitin*. Průmyslově vyráběné emulgátory jsou na bázi glycerolu, který je esterifikován mastnými kyselinami a to monoacylglycerol a diacylglycerol. V pekárenství se uplatňuje jako látka zlepšující vlastnosti těsta, kdy zvyšuje množství zadrženého plynu

v tuhé pěně těsta a snižuje rychlost retrogradace amylosy. U škrobů se účinky emulgátorů projevují snižováním lepivosti, působením na lepek zlepšují pekařskou jakost pšeničné mouky. Přidáním emulgátorů do těsta je zajištěn odpovídající objem a jemnější struktura střídky či delší trvanlivost pečiva [38, 39]. Monoacylglyceroly patří do skupiny parciálních esterů glycerolu. Je-li na glycerol navázána jedna molekula mastné kyseliny, pak vznikají 1-monoacylglyceroly nebo 2-monoacylglyceroly. Pokud se na molekulu glycerolu naváží dvě mastné kyseliny, vznikají 1,2- nebo 1,3-diacylglyceroly, které se v přírodních tucích vyskytují ve vysokém množství.

Monoacylglyceroly a diacylglyceroly se souborně nazývají parciální estery glycerolu. Všechny estery glycerolu se dobře rozpouštějí v chloroformu a diethyleteru, ve vodě jsou nerozpustné [31].

Oxidační látky – *kyselina askorbová (vitamín C)* – zpevňuje lepek, zlepšuje tvar, pórovitost, zvyšuje objem výrobku a snižuje tažnost těst.

Redukční látky – podílejí se při oxidačně – redukčních reakcích, které vedou k vylepšení lepkové sítě, používá se například aminokyselina L – cystein [38].

Fortifikanty- vlivem průmyslového zpracování jsou odstraněny z mouky důležité látky, jako vláknina, minerálie a vitamíny. Z toho důvodu jsou do zlepšujících přípravků přidávány tyto fortifikanty jako je vitamíny B₁ (thiamin), B₂(riboflavin), minerální látky (uhlíkatan vápenatý), které mohou mít také významné technologické vlastnosti.

Hydrokoloidy – jsou polysacharidy schopné vázat vodu. Patří sem modifikované škroby, agar, pektin, želatina, guarová guma, arabská guma, moučka ze semen svatojánského chleba, tragant, xantam. Zvyšují výtěžnost těst, objem pekařských výrobků, zahušťují a stabilizují náplně a polevy.

Konzervanty – jde o látky, které potlačují činnost mikroorganismů v pekařských a cukrářských výrobcích. Pro zajištění této funkce se používají látky omezující biochemické děje v hotovém výrobku. Mohou to být kyselina sorbová, kyselina propionová a její soli, oxid siřičitý a jeho sloučeniny [38,39].

Zlepšující přípravek Frosty je určen pro výrobu běžného, jemného i vícezrnného pečiva, které je určeno k zmrazování.

Složení přípravku: přírodní kvásek pšeničné mouky, emulgátory: E 472e – estery monoglyceridů s kyselinou mono- a diacetylvinnou, E 471 – mono a diglyceridy mastných kyselin z jedlých tuků, α -amyláza, E 300 – kyselina askorbová.

3.1 Vliv surovin a přídavných látek na jakost zmrazených těst

K výrobě zmrazeného těsta se donedávna používala výhradně chlebová mouka. Pevládá názor, že zhoršení pekařské jakosti zmrazených těst způsobuje pouze droždí. Na kvalitě zmrazeného těsta se podílejí i další recepturní složky. Receptura zmrazeného těsta se od receptury čerstvého těsta liší absorpcí a obsahem vlhkosti, množstvím droždí a množstvím zlepšujících přípravků.

Nižší množství absorbované vody ve zmrazených těstech minimalizuje krystalizaci volné vody během zmrazování a napomáhá udržení tvaru výrobku. Vyšším množstvím droždí se u zmrazených těst kompenzují ztráty kvasničných buněk, inaktivovaných v průběhu zmrazování a vyšší dávka zlepšujících přípravků napomáhá udržovat měkkost a vláčnost střídy po celou dobu mrazírenského skladování. Především na mouku jsou při výrobě zmrazených těst kladeny speciální požadavky [1, 21].

3.2 Droždí

Droždí je nejběžnější kypřicí prostředek, používaný do všech kynutých těst z pšeničné mouky[27]. Dle platné legislativy jsou za pekařské droždí považovány kvasinky druhu *Saccharomyces cerevisiae* Hansen, získané biotechnologickým procesem množení čistých kvasničných kultur. Vyskytují se ve formě jednotlivých buněk, kulovitých nebo elipsoidového tvaru. V 1 g lisovaného droždí je obsaženo 20 až 24 miliard buněk. Velikost a tvar jsou charakteristické pro jednotlivé rasy, ale mohou být ovlivněny např. podmínkami růstu a stářím. Kvasinky jsou vypěstované na cukerných substrátech obohacených o živiny, stimulanty a pomocnými látkami, schopné způsobit kynutí těsta.

V pekárenské technologii se kvasinky množí výhradně pučením. Pučení probíhá za optimálních podmínek při teplotě 30°C. Při 35 – 40°C již množení neprobíhá. Spodní hranicí pučení kvasinek je 3 – 5°C[21].

V pekárenské technologii se využívají i jiné druhy kvasinek, jež mají odlišné vlastnosti, a jsou pro jiné technologické účely vhodnější. Příkladem pro mražená těsta se využívá kvasinek druhu *Saccharomycesrosei*, jež mají odolnost proti zmrazování [27].

3.2.1 Droždí pro zmrazená těsta

Výběr správného druhu droždí a nejvhodnějších podmínek zpracování je rozhodujícím faktorem pro výrobu zmrazených těst. Během dlouhodobého skladování zmrazeného těsta dochází k jeho zeslabení, které se projevuje delší dobou kynutí a zhoršením texturních vlastností výrobku [19].

Látky obsažené v droždí (sůl, cukr, rozpustné bílkoviny) způsobují snížení bodu mrazu, takže kvasničné buňky zamrzají zpravidla až při -7°C. V nerozpracovaném stavu jsou odolné vůči chladu a mrazu. Problém je při zmrazování kvasničných buněk v těstě, kdy rychle klesá odolnost i kypřicí výkon a snižuje se objem pečiva [35].

Před poškozením při zmrazování chrání kvasničnou buňku látky zvané kryoprotektory (kapitola 1.2.3).

Při výběru droždí pro zmrazená těsta je jedním z hlavních kritérií jeho forma. V pekárenské výrobě se uplatňuje droždí lisované, sušené a instantní. Pro zmrazované výrobky s požadovanou dobou skladování od 2 do 4 týdnů se používá droždí lisované s 30 % sušiny. Lisované droždí je velmi citlivé na proces zmrazování a rozmrazování, při němž dochází k poškození kvasničných buněk. Pro zmrazené pekařské výrobky určené k delšímu skladování (4–6 měsíců) je vhodné používat nový typ droždí – *polosuché droždí pro zmrazená těsta* [50]. Toto droždí, určené speciálně pro zmrazené výrobky, se vyrábí fluidním sušením, při kterém se odstraní pouze volná voda. Získané sypké, granulované droždí se po usušení zmrazuje. Vzhledem k tomu, že droždí obsahuje pouze 25 % vlhkosti, nedochází při zmrazování k tvorbě ledových krystalků a porušení kvasničných buněk se snižuje na minimum [1].

Vedle praskání, způsobeného krystalky ledu, jsou buňky poškozovány i alkoholem produkovaným při fermentaci. Poškozené buňky uvolňují nadměrné množství glutationu, který přispívá k zeslabování těsta a následně ke snížení objemu finálních výrobků. Tento proces

jde kompenzovat řízenou oxidací, mnohem vhodnější je minimalizovat rozsah poškození kvasničných buněk. Použije-li se pro výrobu zmrazeného těsta lisované droždí, je třeba snížit aktivitu droždí udržováním teploty zpracovaného těsta na pokud možno co nejnižší hodnotě a zmrazení provést co nejrychleji. Doporučuje se zvýšit dávku droždí (4-5 %), aby se kompenzovala ztráta aktivity, k níž dochází v průběhu zmrazování. Přílišné zvýšení množství droždí (6-8 %) se projeví negativně na chuti a vůni pečeného výrobku [50].

Kvasinky v droždí, používané pro pečení, přemění přirozené cukry obsažené v mouce na alkohol, který se při pečení odpaří a na oxid uhličitý. Právě tvorba oxidu uhličitého dodává pečivu objem. Mezi důležité jakostní ukazatele pro lisované droždí je minimální sušina 26 % hm, mohutnost kynutí v těstě maximálně 90 minut a trvanlivost při teplotě 35 °C nejméně 72 hodin [23].

3.2.2 Složení pekařského droždí

Pekařské droždí neobsahuje lepek, proto je vhodné používat při bezlepkové dietě.

Za vedlejší funkci droždí lze považovat jeho příspěvek k nutriční hodnotě pekařských výrobků, především obsahu bílkovin a vitamínů [20].

Velké zastoupení v droždí mají vitamíny, zejména skupiny B, provitamin D ergosterol a provitamin A.

Z minerálů je v pekařském droždí zastoupen chrom, který ulehčuje prisvojování glukosy a její pronikání do buněk [21].

3.2.3 Funkce droždí

Mezi nejdůležitější funkce droždí v pekárenské technologii patří zvětšování objemu těsta kypřícími plyny, především oxidem uhličitým, jež je konečným produktem fermentace [21]. Mohutnost kynutí je vyjádřena dobou, za kterou těsto dosáhne určitého objemu za definovaných podmínek. Doba kynutí se udává v minutách a počátek měření se počítá doba od přidání kvasinek. Čas potřebný k dosažení danému objemu je tzv. první doba kynutí, která by neměla být delší než 90 minut [33]. Pekařské droždí má příznivý vliv na jakost pekařského výrobku. V těstě dochází účinkem kvasinek k lihovému kvašení, kdy kromě vzniklého CO₂, který způsobuje kynutí těsta, vzniká v těstě také ethanol. Ten se pak při pečení vypaří. V průběhu fermentace vznikají v těstě další metabolity, zejména aldehydy, ketony, alkoholy, které se významně podílí na chuti a vůni pečiva. Jako další funkce droždí

patří změny ve struktuře těsta a ovlivnění sensorických vlastností pečiva. Za vedlejší funkci lze považovat jeho příspěvek k nutriční hodnotě pekařských výrobků, především obsahu bílkovin a vitamínů [21].

3.3 Sůl

V prováděcí vyhlášce Ministerstva zemědělství č. 331/1997 Sb. v platném znění novely zákona č.419/2000 Sb. k Zákonu o potravinách v platném znění, se používá termín jedlá sůl.

Sůl je svým složením čistá chemická krystalická látka minerální povahy, s obsahem nejméně 97 % chloridu sodného (NaCl) v sušině. Sůl se používá jako chuťová přísada a může být obohacena o potravní doplňky (jód, jód s fluorem). V pekárenské technologii působí sůl jako regulátor kvasných a enzymatických procesů v těstech. V kynutých těstech dehydratuje bílkoviny, tlumí činnost enzymů a zvyšuje osmotický tlak v prostředí, a tím zhoršuje fyziologický stav kvasničných buněk. Do těst se přidává ve formě jemné soli nebo nasyceného roztoku (solanky), který má koncentraci 27 – 29 % chloridu sodného. Pro rychlé rozpouštění soli se používá speciálně krystalovaná sůl, připravovaná modifikovanou krystalizací za vakua. Tímto způsobem se získávají shluky jemných krystalků, které jsou porézní, a proto mají velký povrch.

Významný vliv má sůl na reologii těsta, kdy se z důvodu polarit svých molekul váže na skupiny bílkovin, tím ztuzuje konzistenci lepku, ale současně se snižuje vaznost mouky.

Na dekoraci a posyp pečiva se používá sůl hrubší, která má menší povrch granulí než sůl jemná, a proto na pekařském výrobku pomaleji vlhne [20,23,24].

3.4 Olej

Tuky rostlinného nebo živočišného původu jsou nezbytnou surovinou pro pekařskou výrobu. Tuk se podílí na zpracovatelských vlastnostech, kdy při mísení těsta urychlují jeho hnětení. Zvětšují pórovitost a objem výrobku při pečení, kdy zpomalují odchod par z těsta. Olej přidáný do recepturní směsi obaluje jemným filtrem částičky tuhé fáze zejména mouky, čímž zadržuje vzduch, který částičky tuhé fáze obaluje [43].

Z hlediska senzorického hodnocení prodlužují vláčnost výrobku, neboť zabraňují rychlému vypařování vody, vysychání a tím zpomalují stárnutí pečiva [26].

V tekuté formě se při výrobě běžného pečiva používá rostlinný olej a to zejména olej řepkový [46].

4 Senzorické vlastnosti pekárenských výrobků

Senzorické vlastnosti pekárenských výrobků se zjišťují pomocí sensorické analýzy. Sensorická analýza je věda, zabývající se hodnocením organoleptických vlastností výrobku pomocí lidských smyslů. V případě posouzení pekárenských výrobků užívá smyslů chuti, čichu, hmatu a zraku.

4.1 Vlastnosti potravin sledované sensorickou analýzou

Při sensorickém posouzení každý posuzovatel hodnotí potraviny komplexně s použitím všech smyslů. Při sensorické analýze potravin, se hodnotí vjemy zrakovými, sluchovými, chuťovými, čichovými, taktilními, kinetickými a teplotními. Podstatnou součástí hodnocení je zpracování smyslových informací na vjem v centrální nervové soustavě [48].

4.2 Sensorické hodnocení textury potravin

Při hodnocení textury potravin se vzorek nejprve zkoumá prsty jedné ruky, nebo obou rukou. Při tom se uplatní jak taktilní, tak i kinetické receptory. Po vložení vzorku do úst se sledují změny při ukousnutí, kdy sousto nepřijde do styku se slinami. Poslední fází je polykání. Hmatové charakteristiky jsou důležité u hodnocení pečiva. Receptory na rukou a v ústech podávají potřebné informace při konzumaci potravin [48].

4.3 Odběr a úprava vzorků před analýzou

Postup při odběru, zpracování a při přípravě vzorků k analýze, stanoví normy metod zkoušení pro příslušné potravinářské vzorky. Příprava vzorku pro sensorické hodnocení je odlišná podle charakteru potraviny. Vzorky se podávají bez jakýchkoliv úprav po případném porcování a při teplotě místnosti [48].

4.4 Způsob podávání vzorků

Vzorky je nutno podávat v takovém množství, aby posuzovatel měl možnost degustaci opakovat. U tuhých vzorků obvykle stačí 20 – 30 g. U pořadových zkoušek se doporučuje větší množství, u tuhých až 100g vzorku [48].

4.5 Reologická měření pekárenských výrobků

Reologie se zabývá fyzikálním a matematickým popisem chování látek v průběhu deformování. Studuje vztahy mezi třemi veličinami: napětím, jemuž je materiál vystaven, konečnou velikostí deformace materiálu, a časem [21].

Reologické měření (reometrie) má za úkol objektivizovat metody měření reologických vlastností [21]. Podle charakteru zkoumaných materiálů může docházet k pružným a vratným deformacím, pokračujícím deformacím (např. tečení), či k trvalým změnám tvaru.

Při posouzení reologických vlastností těsta jako vysokoelastické látky, je třeba měřit jednak viskozitu a také pružnost. Měření pružnosti je obvykle založeno na deformování těsta určitým tlakem a měření jeho pružného vrácení. Viskozita má přesnou fyzikální definici a měření skutečné viskozity je velmi náročné a často se zaměňuje s měření konzistence [49].

Na návrh Dr. Hlynky v Kanadě v 60. letech minulého století, se ke zjišťování pružnosti těsta využívalo extenzografu. Podstata měření spočívala ve změření zpětného zkrácení těsta po částečném napnutí na extenzografu. Ve stejných letech byl také pro měření viskozity a pružnosti těsta použit Höpplerův kuličkový konzistometr. Ten byl původně určen jen pro měření viskozity na základě rychlosti průchodu kuličky vtlačované do měřené látky [49].

4.6 Měření pružnosti těst na texturním analyzátoru

(TextureAnalysis TA.XT Plus)

Texturní analyzátor TA.TX Plus se používá k měření mnoha vlastností potravin jako je například pružnost, ohebnost, elasticita, tvrdost, měkkost apod. Analýza struktury potravin poskytuje údaje týkající se řady měření a testy zahrnují analýzu profilu lomu, řezu, rozšiřitelnosti a lepivosti analyzované potraviny. TA.XT Plus je nakonfigurován tak, aby shromažďoval zdroj informací pro vývoj výrobku a kontrolu kvality, což umožňuje výrobcům potravin stanovit kvalitu textury, zdroj a dávkování či změnu použitých surovin a předvídat přijatelnost těchto potravin pro spotřebitele. TA.XT Plus poskytuje opakované testování produktů. Podle požadavků je schopen vyvinout tlak od 5-25 kg a rozsahem otáček 0,1 až 10,00 mm / s [52].

I. PRAKTICKÁ ČÁST

5 Materiál a metodika

5.1 Cíl práce

Cílem práce bylo zjistit vliv poměru droždí, definovaných přídatných látek a délky doby mražení na chemické vlastnosti těsta a sensorické, texturní a organoleptické vlastnosti rohlíků.

Vybraná aditiva jsou: zlepšující přípravek Frosty a zlepšující přípravek Trial.

V rámci chemických analýz pšeničného těsta byl zkoumán vliv přídatných látek na pH (aktivní kyselost), dále bylo prováděno stanovení obsahu vody. Při měření texturních vlastností byl sledován vliv definovaných aditiv a hlavně přísad droždí na tuhost rohlíků.

Dále pro zjišťování kvality rohlíků s přísadou definovaných aditiv a hlavně přísad droždí byly provedeny sensorické analýzy.

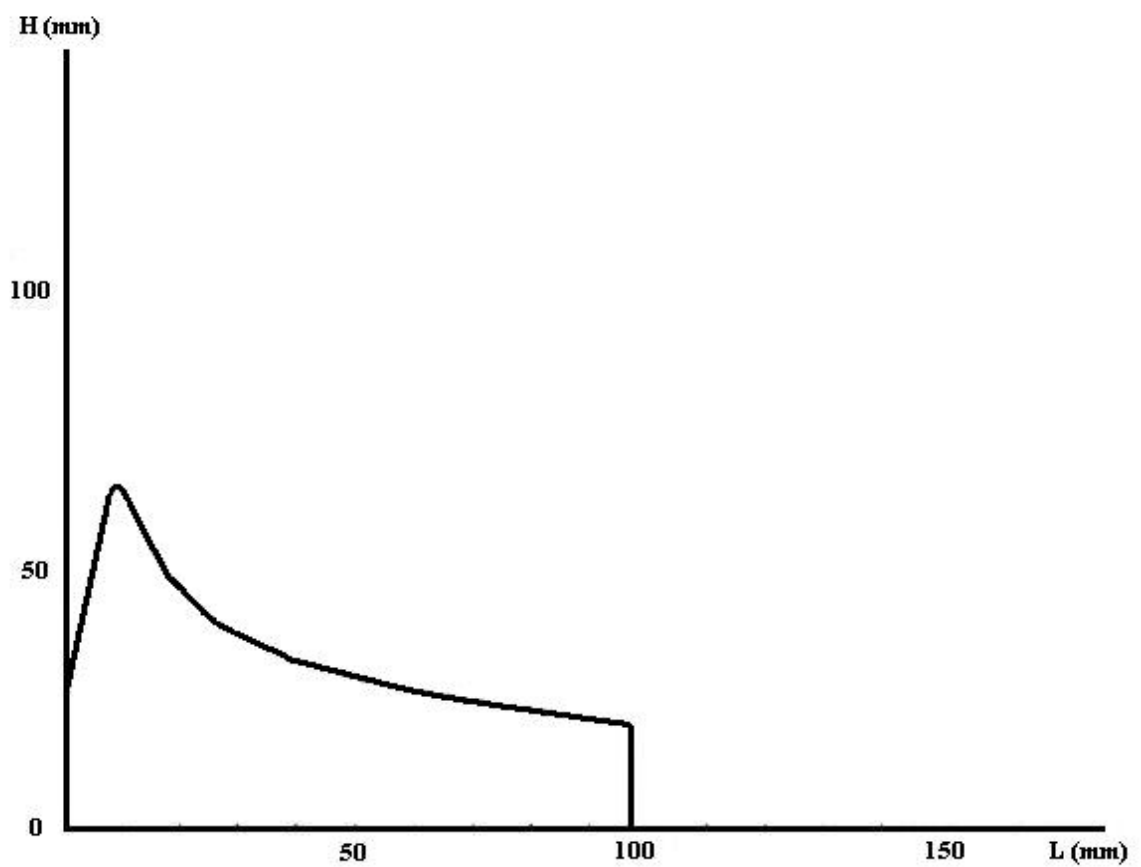
Pro dosažení cíle byly stanoveny následující úkony:

- v teoretické části popsat chemické složení pšeničné mouky, zlepšujících přísad, přidávaného droždí a ostatních přísad
- připravit pšeničné těsto (klonky těst) s použitím všech definovaných surovin,
- provést měření poklesu teplot klonků těst při zmrazování,
- provést chemické rozborů těst: pH (aktivní kyselost) a obsahu vody
- provést měření textury rohlíků 1. a 2. den po upečení,
- provést sensorickou analýzu rohlíků po upečení.

5.2 Materiál

Mouka

- Mouka pšeničná hladká (512 NM 16)
- Mlýn Kojetín, spol. s r.o., ČR



Obr.č. 4: Alveografická křivka mouky 512 NM 16 (817px x 659px)

Tab. 1 Parametry mouky 512 NM 16

Parametr	Jednotka	Hodnota
Vlhkost	%	14,60
číslo FN – pádové číslo	s	290
Popel	%	0,54
Lepek v sušině	%	33,8
P – pevnost (max. tlak nutný k deformaci těsta) při CH	mmH ₂ O	67
L – tažnost (délka křivky) při CH	mm	102
G – index nafouknutí ($22,5 \cdot \sqrt{L}$)	-	227,23
W – deformační energie (síla mouky) při CH	10E – 4J	217
P/L – konfigurační poměr křivky při CH	-	0,66
Ie – stupeň elasticity při CH	%	54,3

Přísady

Sůl - Chlorid sodný, protispěková přísada E 535 - ferrokyanid sodný (Solivary Trade, s r.o., Prešov, Slovensko), droždí- čistá kmenová kultura *Saccharomyces cerevisiae* (Paniferm, Uniferm, Werne, Germany, GmbH&Co), tuk- řepkový olej (nasycené MK - palmiová, stearová, monoenové MK – olejová, polyenové MK – linolová, linoleová; (ROSA s r.o. Kroměříž).

Aditiva

Frosty-zlepšující přípravek pro výrobu pečiva určeného k zamrazování; složení: přírodní kvásek pšeničné mouky, emulgátory: E 472e – estery monoglyceridů s kyselinou mono- a diacetylvinnou (DATEM), E 471 – mono- a diacylglyceridy mastných kyselin z jedlých tuků, α -amylasa, E 300 – kyselina askorbová; Frosty, IrcaS.r.l., Gallarate, Itálie

Trial-zlepšující přípravek pro výrobu kynutého těsta určeného k zamrazování; složení: pšeničná mouka typu 0, sladová pšeničná mouka, emulgátor mono- a diglyceridy mastných

kyselin s kyselinou acetal vinnou, alfa amylasa, antioxidant vitamínu C, kyselina askorbová.

5.3 Metodika

5.3.1 Výroba těsta k mražení

Suroviny byly naváženy při teplotě 27°C a relativní vlhkosti 60-65 %.

Pro přípravu těst bylo použito 5 000g pšeničné mouky, do které bylo přidáno 100g soli, 50g zlepšujících přípravků Trial a Frosty, 200g oleje, 248g vody. Dále bylo použito u vzorku A- 200g droždí, u vzorku B- 250g droždí, u vzorku C- 300g droždí a u vzorku D- 350g droždí.

5.3.2 Výroba polotovarů

Veškeré přísady na přípravu těsta byly smíchány a těsta byla hnětena na spirálovém hnětači (ALBA, spol. s.r.o., Hořovice, ČR). Teplota těsta byla okolo 26°C. Celková doba hnětení byla 11 minut, přičemž režim míchání byl nastaven tak, že těsta byla míchána nejprve 4 minuty rychleji a poté 7 minut pomaleji. Vyhnětené těsto bylo rozděleno na jednotlivé díly o hmotnosti 2 100g. Následně byly díly těst na děliče (DT 6, ARTHOS s.r.o., Újezd u Mohelnice) rozděleny na jednotlivé klonky o hmotnosti 60g. Jednotlivé klonky byly na rohlíkovacím stroji (T-682.0, ARTHOS s.r.o., Újezd u Mohelnice) vytvářeny do tvaru rohlíků. Po umístění těstových klonků na děrované plechy se speciálním pečícím papírem následovalo předkynutí v kynárně (Kornfeil spol. s r.o., Čejč, ČR) po dobu 30 minut při teplotě 40 °C a relativní vlhkosti 75%. Dále následovalo předpékání v elektrické peci s výparníkem (Rotomaxcomputer, Kornfeil spol. s r.o., Čejč, ČR) s režimem 1. - 4. minuta: t = 270 °C s párou (2,5l vody na páru).

Těstové klonky byly poté seskládány na děrované plechy a na transportních vozících byly umístěny k rychlému zmrazení do mrazicího boxu (MTH, Fojtách, Velký Ořechov, ČR). Po zmrazení klonků vlivem teploty -18 °C následovalo třídění a balení do igelitových sáčků, určených pro zmrazené potraviny. Důvodem balení je zabránění odpařování vody a tím k vysušování těstových klonků a ztrátě senzorických vlastností. Celková doba v mrazícím boxu byla 24, 48 a 72 hodin.

5.3.3 Kynutí a dopékání klonků

Do kynárny byly klonky umístěny po 30 minutách po vyjmutí z obalů.

Kynutí probíhalo v kynárně (KA-E1V, Kornfeil, spol. s r.o., Čejč, ČR). Po dobu 45 minut při teplotě 38 °C a relativní vlhkosti 70-80 % u kontrolních klonků s obsahem 40 g.kg⁻¹ droždí. U klonků s obsahem 50g.kg⁻¹, 60g.kg⁻¹ a 70g.kg⁻¹ droždí byla doba kynutí 50 minut při stejné teplotě a vlhkosti jako u kontrolních klonků. Následovalo dopékání dokynutých těstových klonků v elektrické peci s výparníkem (Rotomax computer, Kornfeil spol. s r.o., Čejč, ČR). Doba dopékání byla 6. minut: t = 250 °C bez páry.

Po vyjmutí upečených rohlíků z pece byly ponechány k samovolnému vychladnutí v prostředí pekárny při teplotě 28 °C, relativní vlhkosti 60-70 % po dobu 30 minut.

5.4 Chemická analýza těst a rohlíků

Chemickou analýzou byl stanoven obsah vody v těstech a rohlících při 105 °C dle České technické normy ČSN ISO 56 0116-2 (1995) [52]. Stanovení bylo prováděno celkem dvakrát a výsledek byl uveden jako aritmetický průměr ± směrodatná odchylka.

Dále byla zjišťována aktivní kyselost (pH) těst, která byla měřena pomocí vpichového pH metru (Gryf 209 S) v prostředí pekárny, za teploty 28 ± 1 °C. Bylo měřeno celkem pět vzorků z každého těsta s jednotlivými přídávky droždí (40g.kg⁻¹, 50g.kg⁻¹, 60g.kg⁻¹ a 70g.kg⁻¹). Výsledek byl uveden jako aritmetický průměr ± směrodatná odchylka.

5.4.1 Sledování teploty těst v závislosti na době mražení

Ke sledování teploty byl použit vpichový teploměr (SA880SSX H, Huger Electronics. GhmH, SRN). Teploty těst byly sledovány v jednotlivých časových intervalech 0 min, 5 min a 10 min, a to u všech vzorků těst. Nejprve byly do mrazicího boxu uloženy všechny klonky těst a hned byla zaznamenána stávající teplota (0 min) vpichovým teploměrem. Po uplynulých 5 a 10 minutách byla teplota opět zaznamenána. Cílem bylo sledovat postupnou inaktivaci kvasinek v droždí vzhledem ke snižované teplotě klonků těst.

5.4.2 Měření texturních vlastností rohlíků

Měření bylo prováděno na texturním analyzátoru TA.XT plus (O.K. SERVIS BioPro, s.r.o., Praha) ve dvojitým opakování, přičemž každý vzorek byl měřen nejméně pětkrát. Zjišťovanou vlastností byla tuhost střídy čerstvě upečeného rohlíku po 24, 48 a 72 hodinách.

Měření probíhalo za nastavení texturního analyzátoru:

- nastavení: měření síly v tlaku
- varianta: návrat ke startu
- rychlost před testem: 1,0 mm/s
- testová rychlost. 1,7 mm/s
- rychlost po testu 10 mm/s
- hloubka průniku sondy do střídy rohlíků 10 mm
- typ sondy: AACC 36 mm sonda s poloměrem (P/36R)

Měření vzorků rohlíků po upečení a 2. den po upečení

Na vzorcích rohlíků bylo zjišťováno, zda rozdílné množství droždí v těstě má vliv na texturní vlastnosti. Vzorky byly měřeny v den po upečení a 2. den po upečení. Jednotlivé vzorky rohlíků byly rozkrájeny na vzorky (cca 5 kousků) o tloušťce cca 25 mm. Následně probíhalo měření na texturním analyzátoru TA.XT plus (O.K. SERVIS BioPro, s.r.o., Praha). Vzorek byl centrálně umístěn pod válec sondy. Ve zkoumaných vzorcích byl sledován vliv 40g.kg^{-1} , 50g.kg^{-1} , 60g.kg^{-1} a 70g.kg^{-1} droždí na tuhost F (maximální síla k dosažení deformace) a tuhost A (celková síla potřebná k deformaci vzorku). Sada měření byla opakována dvakrát. Vzorky do druhého dne byly uchovávány při pokojové teplotě uzavřeny v igelitových sáčcích.

5.4.3 Senzorická analýza čerstvých rohlíků

Pro zjištění kvality a jakosti rohlíků s přídavkem již zmíněného obsahu droždí byly provedeny senzorické analýzy, kterých se zúčastnil panel tzv. vybraných posuzovatelů, který byl složen ze zaměstnanců pekárny Topek s.r.o., Topolná [48]. Jednotlivé vzorky byly předkládány anonymně pod písmeny A-D (A-kontrolní vzorek s 40g.kg^{-1} klasického liberkového droždí; B-vzorek s přídavkem 50g.kg^{-1} droždí; C-vzorek s přídavkem 60g.kg^{-1} droždí a D-vzorek s přídavkem 70g.kg^{-1} droždí) při teplotě $23 \pm 2^\circ\text{C}$. Posuzovatelé nejprve

hodnotili vzorky pomocí pořadového preferenčního testu, tzn. od 1- nejpreferovanějšího až po 4-nejméně preferovaný vzorek rohlíků. Sensorické hodnocení se sestávalo z posuzování jednotlivých vzorků rohlíků pomocí jakostních číselných (ordinálních) stupnic s charakteristikou každého stupně. První stupeň byl označen jako „ vynikající“ a poslední stupeň odpovídal úrovni „velmi špatný, nevyhovující“. Tímto způsobem byly posuzovány charakteristiky: oddělování kůrky od střídky, hmatová charakteristika vzorku, gumovitost (pružnost), chuť a vůně, vláčnost a kvalita rohlíků. K sensorické analýze byly použity vzorky vždy čerstvě upečených rohlíků z mražených těstových klonků po 24 – 72 hodinách [48, 53].

5.4.4 Statistické vyhodnocení výsledků z jednotlivých analýz

Chemická analýza těst a rohlíků a texturní analýza rohlíků po upečení i 2. den po upečení byla vyhodnocena pomocí programu STATISTICA. CZ [statistický program, CD-ROM]. Ver. 9.1. Tulsa (USA): Statsoft, Inc. Sensorická analýza byla vyhodnocena pomocí pořadového testu preferencí (Freidmanův test), hodnocení jednotlivých sensorických znaků - oddělování kůrky od střídky, hmatová charakteristika vzorku, gumovitou (pružnost), chuť a vůně, vláčnost a kvalita rohlíků bylo hodnoceno pomocí (Kruskal – Wallisův test, Wilcoxonův test) a dále pomocí programu STATISTICA. CZ [statistický program, CD-ROM]. Ver. 9.1. Tulsa (USA): Statsoft, Inc.

6 Výsledky

6.1 Chemické analýzy

Stanovení obsahu vody v těstě

Tab. 2 Stanovení obsahu vody v těstě a pH těst

Charakteristiky	Vzorky			
	A	B	C	D
obsah vody v těstě (% hm)	41,08 ± 2,38 ^a	39,62 ± 0,64 ^a	38,50 ± 1,83 ^a	39,16 ± 3,05 ^a
pH těsta	5,16 ± 0,02 ^c	5,03 ± 0,05 ^a	5,06 ± 0,02 ^b	5,04 ± 0,02 ^{ab}

S 95 % pravděpodobností nebyl shledán rozdíl v obsahu vody u vzorků s přísávkou droždí oproti kontrolnímu vzorku (A) s přísávkou 40 g.kg⁻¹. Z výše uvedených hodnot (Tab. 3) vyplývá, že rozdílné přísávkou droždí nesnížily celkový obsah vody v těstě.

Mezi danými vzorky těst s jednotlivými přísávkou droždí byl shledán rozdíl v aktivní kyselosti oproti kontrolnímu vzorku (A) s přísávkou 40 g.kg⁻¹. Byl shledán rozdíl i mezi vzorkem (B) s přísávkou 50 g.kg⁻¹ a vzorkem (C) s přísávkou 60 g.kg⁻¹. Lze říci, že vyšší přísávkou droždí snižovaly aktivní kyselost těst.

Celkový obsah vody v jednotlivých vzorcích rohlíků

Celkový obsah vody ve vzorcích upečených rohlíků byl měřen v závislosti na čase tj. po 24 hod, 48 hod a 72 hodinách. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 4.

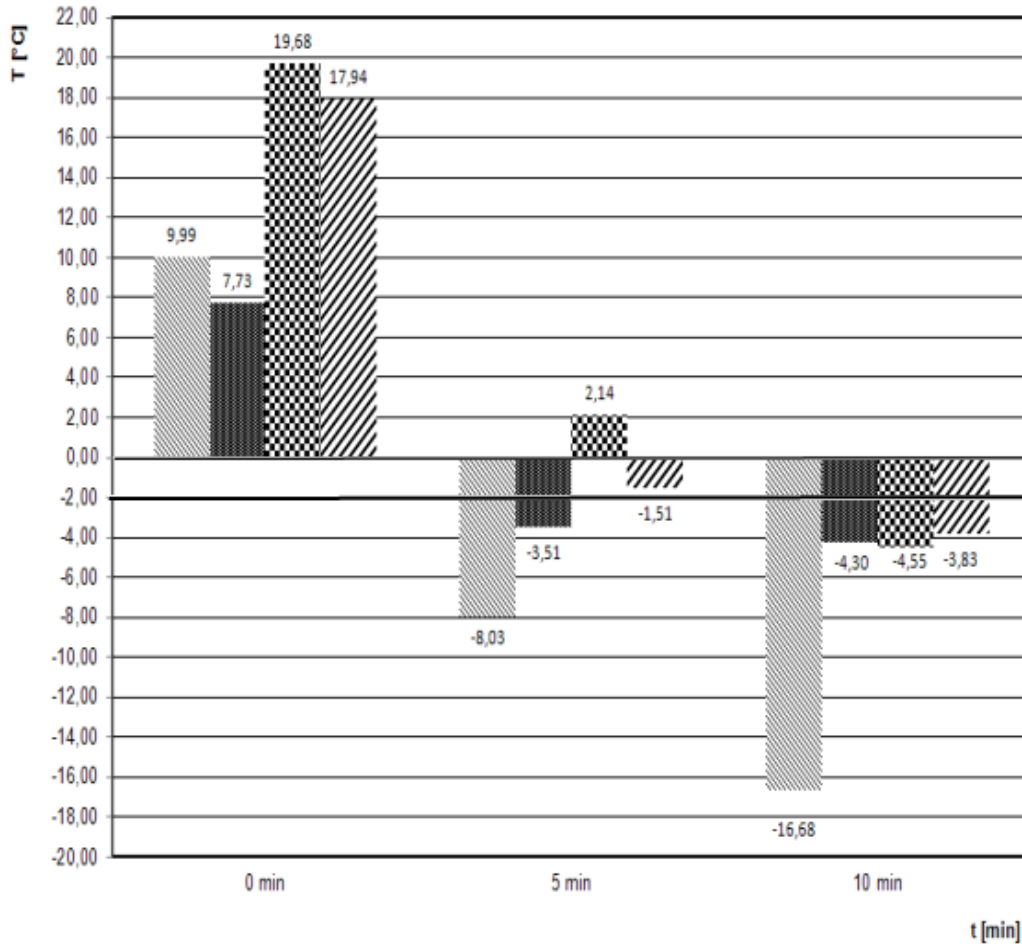
Tab. 3 Celkový obsah vody v jednotlivých vzorcích rohlíků po upečení

Doba (hod.)	Vzorky			
	A	B	C	D
24	20,84 ± 3,85 ^a	19,54 ± 2,20 ^a	23,49 ± 3,43 ^a	21,16 ± 2,41 ^a
48	25,24 ± 0,67 ^b	23,35 ± 1,37 ^a	24,65 ± 3,55 ^a	24,67 ± 1,45 ^{a,b}
72	25,17 ± 2,35 ^a	23,20 ± 3,13 ^a	23,23 ± 4,02 ^a	23,40 ± 2,20 ^a

S 95% pravděpodobností můžeme konstatovat, že obsah vody u všech vzorků měřených po 24 hodinách se neměnil. Tytéž závěry platí i u měření po 72 hodinách. Rozdíl v naměřených hodnotách byl zaznamenán pouze u vzorků měřených po 48 hodinách. Byl shledán nepatrný rozdíl mezi kontrolním vzorkem (A) s přídavkem 40 g.kg⁻¹ a vzorky (B) s přídavkem 50 g.kg⁻¹ a (C) s přídavkem 60 g.kg⁻¹. Nejsme v souladu s tvrzením autora (Cauvian a kolektiv, 2008) jež tvrdí, že k úbytku vody z částí výrobků dochází během zmrazování. Tato voda opouští produkt a dochází k jejímu následnému uchování ve formě námrazy v prostoru mrazícího boxu. To má pak za následek snížený obsah vody ve finálních výrobcích.

Zmrazování těstových klonků

Graf uvádí změny teplot v těstových kloncích v závislosti na čase.



Obr. 4 Změny teplot těst v závislosti na obsahu droždí v těstě (600px/600px); ▨ -40 g.kg⁻¹, ▩ - 50 g.kg⁻¹, ▣ - 60 g.kg⁻¹ a ▤ -70 g.kg⁻¹

Z naměřených hodnot vyplývá, že u měření v počátečním čase (0 min) byl zaznamenán rozdíl mezi teplotou kontrolním vzorkem (A) s přidavkem 40 g.kg⁻¹ a ostatními vzorky i mezi vzorky s přidavky droždí navzájem (B-D) a to ve všech časech měření. Nejvyšší teploty byly naměřeny u vzorku (C) s přidavkem 60 g.kg⁻¹ a to 19,68 °C a nejnižší naměřená hodnota v (0 min) byla u vzorku (B) s přidavkem 50 g.kg⁻¹ a to 7,73 °C.

U druhého měření po 5 minutách dosáhly teploty kontrolního vzorku (A) s přidavkem 40 g.kg⁻¹ teplot bod bodem mrazu – 8,03 °C. U vzorku (B) s přidavkem 50 g.kg⁻¹ byla naměřená hodnota oproti kontrolnímu vzorku vyšší (– 3,51 °C). Vzorek (C) s přidavkem 60 g.kg⁻¹ nedosáhl po 5 minutách hodnot pod bod mrazu 2,14 °C. Vzorek (D) s přidavkem 70g.kg⁻¹ vykazoval hodnotu mírně pod bodem mrazu (-1,51 °C). Lze tedy konstatovat, že u

měření teplot u těstových klonků po 5 minutách bylo dosaženo nižších teplot u vzorků s nižším přídatkem droždí. Vzorky s vyšším přídatkem droždí, vzorek (C), jehož teplota nedosáhla hodnoty pod bodem mrazu (dosahoval nižších teplot pomaleji). Vzorek (D), dosáhl teplot mírně pod bodem mrazu $-1,51\text{ }^{\circ}\text{C}$, ale inaktivace kvasinek v droždí ($-2\text{ }^{\circ}\text{C}$) nebyla dosažena.

U měření teploty těst po 10 minutách byl zaznamenán značný rozdíl v teplotách u kontrolního vzorku (A) s přídatkem 40 g.kg^{-1} ($-16,68\text{ }^{\circ}\text{C}$) oproti vzorkům (B) s přídatkem 50 g.kg^{-1} ($-4,30\text{ }^{\circ}\text{C}$), (C) s přídatkem 60 g.kg^{-1} ($-4,55\text{ }^{\circ}\text{C}$) a vzorku (D) s přídatkem 70 g.kg^{-1} ($-3,83\text{ }^{\circ}\text{C}$). Bylo potvrzeno, že vzorky s nižším přídatkem droždí dosahují rychleji nižších teplot oproti vzorkům s vyšším přídatkem droždí, což je dle mého názoru způsobeno tvorbou CO_2 a tepla při fermentaci (zrání) těsta.

Výsledky jsou v souladu s tvrzením autora (Plante, 1995) který tvrdí, že proces zmrazování probíhá ve třech fázích. Nejprve se výrobek ochlazuje k bodu mrazu, ve druhé fázi dochází k odnímání skupenského tepla tání výrobku a k přeměně vody na krystalky ledu. Třetí fáze pokračuje zmrazování až do dosažení teploty požadované pro mrazírenské skladování ($-18\text{ }^{\circ}\text{C}$).

6.2 Texturní analýza rohlíků po upečení

Tab. č. 4 Tuhost rohlíků po upečení

	Tuhost (F)				Tuhost (A)			
Doba (hod.)	Vzorky							
	A	B	C	D	A	B	C	D
24	8,52± 2,22 ^d	8,37± 3,17 ^d	5,19± 2,28 ^{a,b,c}	3,97± 0,71 ^a	2,68± 0,64 ^c	2,69± 1,12 ^c	1,68± 0,86 ^{a,b}	1,22± 0,31 ^a
48	6,58± 1,45 ^c	5,35± 1,87 ^{a,b,c}	4,07± 0,77 ^a	4,76± 2,06 ^{a,b}	2,04± 0,60 ^b	1,75± 0,81 ^{a,b}	1,26± 0,31 ^a	1,46± 0,71 ^a
72	8,29± 3,19 ^d	5,78± 1,22 ^{b,c}	4,69± 0,72 ^{a,b}	4,03± 1,06 ^a	3,01± 1,53 ^c	1,81± 0,50 ^{a,b}	1,51± 0,33 ^{a,b}	1,29± 0,55 ^a

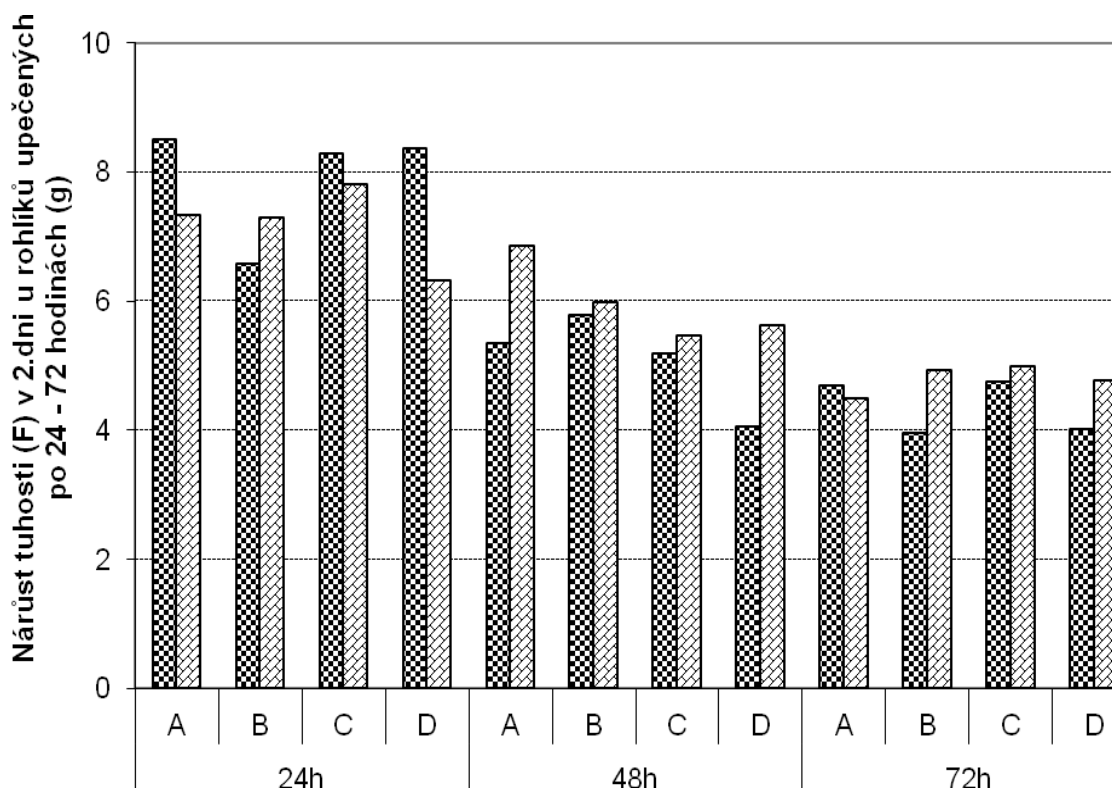
Při hodnocení tuhosti (A, F) nebyl s 95 % pravděpodobností shledán rozdíl v tuhosti mezi vzorky s obsahem (A) s přídavkem 40 g.kg^{-1} a (B) s přídavkem 50 g.kg^{-1} a mezi vzorky (C) s přídavkem 60 g.kg^{-1} a (D) s přídavkem 70 g.kg^{-1} upečených po 24 hodinách.

U vzorků upečených po 48 hodinách byl nalezen statisticky významný rozdíl v tuhosti (A, F) oproti kontrolnímu vzorku (A) s přídavkem 40 g.kg^{-1} a ostatními vzorky rohlíků.

Rozdíl v tuhosti (A, F) byl zaznamenán u měření po 72 hodinách u kontrolního (A) s přídavkem 40 g.kg^{-1} oproti ostatním vzorkům. Dále mezi vzorky rohlíků s nejvyšším přídavkem droždí (D) a vzorky s nejnižším (B) a středním přídavkem droždí (C).

Z výsledků uvedených v tabulce 4 lze konstatovat, že doba mražení neovlivnila tuhost vzorků rohlíků. Tuhost rohlíků se tím více snižovala, čím vyšší přídavek droždí byl do rohlíků přidán. To je způsobeno kvasinkami v droždí, kdy při fermentaci produkují oxid uhličitý, který ovlivňuje velikost a objem pečiva a při vytváření střídky má vliv na její strukturu a pórovitost.

Změny maximální tuhosti v závislosti na době mražení

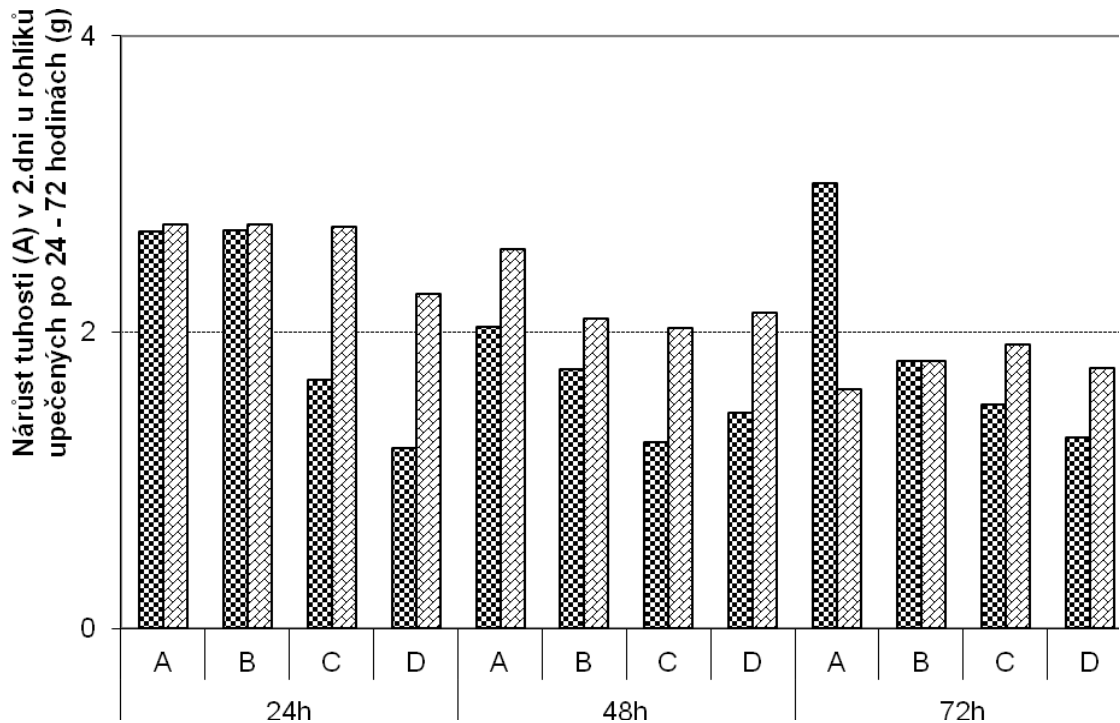


Obr.6 Nárůst tuhosti (F) v 2. dni u jednotlivých vzorků rohlíků s přidavky droždí vzhledem k době mražení (600px/600px); sachovnice-tuhost rohlíků po upečení, cihlička-tuhost rohlíků 2.den po upečení, vzorek (A) - 40 g.kg⁻¹, vzorek (B) - 50 g.kg⁻¹, vzorek (C)-60 g.kg⁻¹ vzorek (D) - 70 g.kg⁻¹ droždí

Obrázek 6 nám ukazuje nárůst tuhosti (F) rohlíků 2. den od upečení oproti tuhosti rohlíků po upečení. Z obrázku je patrné, že u vzorků rohlíků mražených 24h nedošlo k nárůstu tuhosti oproti 1. dni. U rohlíků mražených 48h došlo k nejvyššímu nárůstu tuhosti 2. den od upečení u kontrolního vzorku (A) a vzorku s nejvyšším přidavkem droždí (D). U dalších vzorků měřených v tomto čase je vidět nepatrný nárůst tuhosti oproti 1. dni. U vzorků rohlíků mražených 72h došlo 2. dni po upečení k minimálnímu nárůstu tuhosti (F) u všech vzorků. Dále celkově z obrázku vyplývá, že s vyšším přidavkem droždí a délkou doby mražení se tuhost (F) rohlíků snižuje.

Zmrazené klonky a nevykynuté zmrazené klonky vykazují jiné složení plynů. CO_2 v podmínkách mrazu má vliv na obsah látek v těstě, respektive na kvalitativní znaky pečiva, ke kterým řadíme i ztrátu vlhkosti a následně zvýšení pevnosti.

Změny celkové tuhosti v závislosti na době mražení



Obr.7 Nárůst tuhosti (A) v 2.dni u jednotlivých vzorků rohlíků s přísady droždí vzhledem k době mražení (600px/600px); ; šachovnice-tuhost rohlíků po upečení, cihlička-tuhost rohlíků 2.den po upečení, vzorek (A) - 40 g.kg⁻¹, vzorek (B) - 50 g.kg⁻¹, vzorek (C)-60 g.kg⁻¹ vzorek (D) - 70 g.kg⁻¹ droždí

Při měření tuhosti (A) u vzorků upečených po 24, 48 a 72 hodinách došlo k nejvyššímu nárůstu tuhosti (A) v 2.den po upečení u vzorků s 60 g.kg⁻¹ a 70 g.kg⁻¹. Naopak nejméně ztvrdl kontrolní vzorek (A) a vzorek s 50 g.kg⁻¹ droždí. Z obrázku 7 vyplývá, že na tuhost (A) má vliv vyšší přísada droždí.

6.3 Senzorická analýza rohlíků po upečení

Tab. 5 Výsledky sensorické analýzy rohlíků s obsahem 40 g.kg⁻¹ – 70 g.kg⁻¹ droždí

*Medián vzorků												
**Organoleptické charakteristiky	po 24 hod.				po 48 hod.				po 72 hod.			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Oddělování kůrky od střídky	1 ^a	1 ^a	1 ^a	1 ^a	1 ^a	2 ^a	2 ^a	1 ^a	1 ^a	1 ^a	1 ^a	1 ^a
Hmatová charakteristika kůrka+střídka	2 ^a	2 ^a	2 ^a	2 ^a	2 ^a	2 ^a	2 ^a	2 ^a	2 ^a	2 ^a	2 ^a	2 ^a
Gumovitost	3 ^a	3 ^a	3 ^a	3 ^a	3 ^a	3 ^a	3 ^a	3 ^a	3 ^a	3 ^a	3 ^a	3 ^a
Chuť a vůně	2 ^a	2 ^a	2 ^a	2 ^a	2 ^a	1 ^a	2 ^a	2 ^a	2 ^a	2 ^a	2 ^a	2 ^a
Vláčnost	3 ^a	2 ^a	2 ^a	3 ^a	3 ^a	3 ^a	3 ^a	3 ^a	3 ^a	2 ^a	3 ^a	2 ^a
Kvalita	2 ^a	3 ^a	2 ^a	3 ^a	2 ^a	2 ^a	2 ^a	2 ^a	2 ^a	2 ^a	2 ^a	2 ^a

* Hodnoty mediánu, které mají ve všech sloupcích v indexu stejné písmeno, se výrazně neliší ($P \geq 0,05$); každá skupina byla hodnocena zvlášť

**Hedonická stupnice byla sestavena: Oddělování kůrky od střídky u rohlíků: 1- nepatrné až 5- velmi velké. Hmatová charakteristika vzorků: 1- málo pružná, spíše křehká až 5- velmi houževnatá. Gumovitost (pružnost) střídky u rohlíků: 1-vysoká až 5 nepatrná. Chuť a vůně rohlíků: 1- velmi dobrá až 5- nevyhovující. Vláčnost rohlíků: 1-příliš vysoká až 5- velmi malá. Kvalita rohlíků: 1- vynikající až 5- velmi špatná, nevyhovující.

Z pořadového preferenčního testu vyplynulo, kdy pořadový test preferencí (součty pořadí) vzorků rohlíků, byl formulován tak, že čím vyšší byl součet pořadí, tím vyšší preference získal vzorek A – D.

U rohlíků upečených po 24 hodinách byl z výsledků tohoto testu hodnocen jako nejpreferovanější vzorek (D) s přídavkem 70 g.kg⁻¹, dále následoval kontrolní vzorek (A) s přídavkem 40 g.kg⁻¹ a stejné hodnocení pak získaly vzorky (B) s přídavkem 50 g.kg⁻¹ a (C) s přídavkem 60 g.kg⁻¹. U vzorků rohlíků upečených po 48 hodinách byl označen jako nejpreferovanější kontrolní vzorek (A) s přídavkem 40 g.kg⁻¹, pak následoval vzorek (D) s přídav-

kem 70 g.kg^{-1} , (B) s přídavkem 50 g.kg^{-1} a nejméně preferencí získal vzorek (C) s přídavkem 60 g.kg^{-1} . Vzorky rohlíků upečené po 72 hodinách byl jako nejlépe preferovaný kontrolní vzorek (A) s přídavkem 40 g.kg^{-1} , následovaly vzorky (C) s přídavkem 60 g.kg^{-1} a (B) s přídavkem 50 g.kg^{-1} . Nejméně z celkového preferenčního testu získal vzorek (D) s přídavkem 70 g.kg^{-1} . Z výsledků preferenčního testu vyplynulo, že posuzovatelé dávali přednost ve dvou případech kontrolním vzorkům s obsahem 40 g.kg^{-1} u vzorků upečených po 48 a 72 hodinách před vzorky s vyšším obsahem droždí. Naše výsledky nejsou v souladu s tvrzením autora (Kučerová, 2008) která říká, že vyšší obsah droždí u pečiva výrazně ovlivňuje organoleptické vlastnosti (chuť, vůni) pečiva. Posuzovatelé, jež posuzovali dané vzorky byli zaměstnanci pekárny, proto se domnívám, že chuť rohlíků s vyšším nebo nižším přídavkem droždí nebyli schopni rozpoznat, jelikož rozdíly v daných přídavcích droždí byly malé.

S 95 % pravděpodobností nebyl shledán statisticky významný rozdíl ve sledovaných parametrech. Posuzovatelé nebyli schopni rozpoznat rozdíly u oddělování střídky, hmatu, gumovitosti – pružnosti či chuti, vůni a v kvalitě u jednotlivých předložených vzorků. Dalo by se říci, že jednotlivé přídavky droždí neměly výrazný vliv na sledované parametry.

Vizuální zhodnocení kvality povrchu rohlíků a jejich pórovitosti u střídky

Bylo provedeno vizuální zhodnocení upečených vzorků rohlíků s jednotlivými přídavky droždí po 24, 48 a 72 hodinách jednak z pohledu střídky, kde se hodnotily parametry (pórovitost, velikosti pórů, množství pórů, oddělování kůrky od střídky) a dále z pohledu povrchu rohlíku (olupování).

Stěžejní vliv na stárnutí pečiva mají zpětné změny škrobových granulí – jejich návrat do původní krystalické struktury. Během skladování ve zmrazeném stavu dochází postupně k narušování bílkovinné stavební kostry výrobků tvořené tzv. lepkotvornou bílkovinou[50].

Zmražení těstových klonků a následné zmražení upečených vzorků rohlíků má výrazný vliv na strukturu střídky a povrchu rohlíků. Zmrazovací proces působí nepříznivě na čin-

nost kvasinek, kdy se tento jev projevuje na finálním výrobku tj. na struktuře střídky a povrchu rohlíku.

Z pohledu upečených vzorků rohlíků je patrné, že kontrolní vzorky (A) s přídavkem 40 g.kg⁻¹ upečené po 24 hodinách (Obr. 8, 9) vykazují mírně hutnější střídu s jemnější a pravidelnou pórovitostí a celistvou kůrku bez olupování. Vzorky (B) upečené po 24 hodinách (Obr. 10, 11) mají proti vzorku (A) s přídavkem 40 g.kg⁻¹ hrubší a nepravidelnou strukturu střídy a větší pórovitost. Z pohledu kůrky a olupování povrchu nejsou zřetelné rozdíly od kontrolního vzorku. U ostatních upečených vzorků po 24 hodinách se střídka jevila jako pravidelná s drobnou jemnou pórovitostí, neodlupující se kůrkou a hladkým a celistvým povrchem. Při posuzování vzorků (C) s přídavkem 60 g.kg⁻¹ upečených po 48 hodinách (Obr.12, 13) je výrazný rozdíl ve velikosti pórů a jejich množství. Vyšším obsahem droždí v těstě dochází k narušení buněčné struktury těsta, a to má za následek nižší hustotu a velikost pórů ve střídce rohlíků. To je způsobeno při procesu fermentace a zrání těsta za zvýšené tvorby CO₂. Z hlediska olupování a popraskání kůrky je tento jev také znatelný oproti ostatním vzorkům s nižším obsahem droždí a dobou mražení. Vlhkost kůrky po upečení je mnohem nižší než ve střídě. Je to dáno tím, že koncentrace soli je vyšší v kůrce než ve střídě, což také znamená, že kůrka a střída budou zvětšovat a zmenšovat svůj objem v různém tempu. Síla v těchto místech je tak silná, že se kůrka odděluje od střídy [28]. Při posouzení ostatních vzorků se střída jeví kompaktní a celistvá. Kůrka projevuje znaky křehkosti, drobivosti s tvorbou drobných prasklin.

Nejvíce znatelné rozdíly v střídce a na kůrce vykazují vzorky (D) s přídavkem 70g.kg⁻¹ upečených po 72 hodinách (Obr.14, 15). Nepravidelnost a velikost pórů ve střídce způsobené postupným růstem krystalů ledu při zmražení. Povrch rohlíků je silně zvrásněný, se sklonem k odlupování. To je způsobeno délkou doby mražení, kdy se vlivem nízké teploty naruší buněčná struktura kvasinek, která uvolňuje se glutation a enzymy oslabují sílu proteinových stěn. Při pečení se pak vzduchové bublinky vytvořené na povrchu těsta spojují, stávají se většími a tvoří na kůrce velké praskliny, což má za následek nevzhledný tvar kůrky, ztrátu kvality a vyšší rychlost stárnutí pečiva [28]. Výsledky pekařského pokusu prokázaly také nepatrné rozdíly v objemu rohlíků, jež mohou být způsobeny vyšším obsahem bílkovin v mouce a vyšší činností amylasy, která se podílí na textuře pečiva. Některé ze vzorků upečených po 72 hodinách ve střídě tvoří tzv. žmolky, póry jsou řídké a nepravidelné. Kůrka u vzorků s vyšším obsahem droždí má povrch popraskaný a zvrásněný, naopak kontrolní vzorek má kůrku hladkou bez povrchových změn.

Můžeme tedy konstatovat z pohledu přídavku droždí, že se v menší míře droždí podílí na kvalitě a vzhledu pečiva, ale délka doby mražení ovlivňuje pečivo ve větší míře. Negativním aspektem, který k tomu může přispět je např. časté kolísání teplot během skladování, kdy se na výrobku vysráží vlhkost, která pak způsobí porušení povrchu a celistvosti kůrky pečiva.

ZÁVĚR

V závěru bych objasnila, co bylo účelem mé diplomové práce. Zjistit, jak ovlivňuje rozdílné množství droždí a délka doby mražení chemické vlastnosti (obsah vody, pH) pšeničného těsta a chemické vlastnosti (obsah vody), texturní vlastnosti a senzorycké (oddělování kůrky od střídky, hmat, gumovitost-pružnost, chuť a vůně, vláčnost) vlastnosti a vizuální kvalitu finálních rohlíků.

Byly provedeny chemické rozbory těsta, stanovení aktivní kyselosti (pH), kde se potvrdilo, že koncentrace soli a aditiv v těstě snižuje jeho aktivní kyselost. Ke snížení dochází také při fermentaci, jehož konečným produktem je oxid uhličitý, etanol a další meziprodukty jako acetaldehyd a organické kyseliny.

Dále bylo prováděno stanovení obsahu vody v těstě a v jednotlivých upečených rohlících, kde bych uvedla, že zvyšující přísávek droždí v těstě neměl téměř žádný vliv na obsah vody jak v těstě, tak v upečených rohlících.

Při zmrazování těstových klonků bylo prováděno periodické měření v počátečním čase (0 minut) a pak po každých dalších pěti minutách, abych z naměřených hodnot vyvodila závěr, zda bylo dosaženo vlivem mrazu a času inaktivace kvasničných buněk. Závěrem je zde možno uvést, že již po pěti minutách měření byly kvasinky inaktivovány v těstech s nižším přísávkem droždí. Těsta s vyšším přísávkem se vlivem tvorby CO₂ a fermentací (zrání) těsta zmrazovala pomaleji.

Texturní analýzou bylo zjištěno, že délka doby mražení nemá až takový vliv na tuhost rohlíků jako přísávek droždí. Z výsledků vyplynulo, že se zvyšujícím se přísávkem droždí se tuhost (A, F) rohlíků snižovala.

Naopak v senzoryckém hodnocení nebyla se zvyšujícími se přísávkem droždí ovlivněna senzorycká kvalita rohlíků. Nebyl shledán žádný významný rozdíl u všech sledovaných znaků, a výsledky preferenčního pořadového testu ukázaly, že hodnotitelé nerozeznali v rohlících žádný rozdíl, proto bylo hodnocení vyrovnané.

Výsledky pekařského pokusu, jež bych ze svého pohledu hodnotila jako nejzajímavější část své práce, ukázaly právě na hledané rozdíly v přísávcích droždí na kvalitě povrchu rohlíku a strukturu střídky. Zde byl znatelný rozdíl v porovnávání s kontrolním vzorkem a vzorky s vyššími přísávkem droždí s delší dobou mražení. Kontrolní vzorky těstových klonků uchované pod bodem mrazu 24 hodin ihned po upečení vykazovaly hladký a lesklý povrch s pravidelnou a celistvou pórovitou střídkou. Naproti tomu vzorky s vyšším přísávkem

kem droždí a delší dobou mražení vykazovaly olupující se povrch, popraskaný se sklonem k odlupování kůrky a nepravidelnou velikostí pórů s tendencí k tvorbě žmolků.

Účelem této práce bylo zjistit jak množství droždí v těstě a jeho doba mražení ovlivňují kvalitu pečiva. I přes získané výsledky z jednotlivých analýz lze říci, hlavně z pohledu běžného pečiva, že přísady droždí nemají negativní dopad na organoleptické vlastnosti finálních výrobků, částečně však ovlivňují vzhled pečiva-pórovitost střídy a povrch výrobků, což by mohlo být námětem další práce.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BENEŠOVÁ, L., HRUDKOVÁ, A., KOBROVÁ, M., KOPÁČOVÁ, O., KVASNIČKOVÁ, A., POHLOVÁ, M., VLKOVÁ, A., *Potravinářství V.*, 1. vyd. Praha: 1999. 136 s. ISBN 80-86153-93-2.
- [2] KULP, K., *Frozen&Refrigerated Doughs*, AACC, 1995. 280 s.
- [3] SPOONER, T. *Baking&Snach*. 1997, roč.19, č. 3, s. 62-67.
- [4] SMRŽ, F., *Pekař cukrář*. 1998, roč. 8, s. 67.
- [5] ANON., *Milling&BakingNews*. 1998, roč. 77, č. 20, s. 10.
- [6] VINIKAR, L., *Pekař cukrář*. 1998, č. 4, s. 7-8.
- [7] KUREČKA, R., *Pekař cukrář*. 1998, č. 7, s. 7-8.
- [8] LISA, M., *Pekař cukrář*. 1998, č. 6, s. 13.
- [9] PLANTE, D., *AIB Technical Bulletins*. 1995, roč. 17, č. 2, s. 6.
- [10] ANON., *TK – Report*. 1998, č. 7, s. 24-29.
- [11] HENZEL, W., *Pekař cukrář*. 1998, roč. 8, č. 6, s. 14.
- [12] ANON., *TK – Report*. 1996, č. 12, s. 26.
- [13] ANON., *FOOD – Technologie*. 1998, č. 2, s. 73.
- [14] STIER, R.F., *Baking&Snach*. 1998, č. 43, s. 60-66.
- [15] SPOONER, T., *Milling&BakingNews*. 1996, č. 21.
- [16] MUNTER, T., *Brotund Backwaren*. 1995, č. 7, s. 22-24.
- [17] MILLER, J., *Food Process*. 1998, č. 8, s. 22-23.
- [18] JEREMIAH, L.E., *Freezing Effects on Food Quality*. New York: Marcel Dekker, Inc., 1995. 520 s.
- [19] KUČEROVÁ, J., Ph.D., *Technologie cereálií*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2004. 141 s. ISBN 978-80-7157-811-6.
- [20] HRABĚ, J., BUŇKA, F., HOZA, I., *Technologie výroby potravin rostlinného původu*. 1. vyd. Zlín: UTB, 2008. 187 s. ISBN 978 - 80-7318-520-6.
- [21] PŘÍHODA, P., HUMPOLÍKOVÁ, P., NOVOTNÁ, D., *Základy pekárenské technologie*. 1.vyd. Praha: Pekař a cukrář s.r.o. Odborné nakladatelství a vydavatel jako obchodní společnost Podnikatelského svazu pekařů a cukrářů v ČR, 2003.

- 363 s. **ISBN 80-902922-1-6.**
- [22] ČEPIČKA, J., *Obecná potravinářská technologie*. Vysoká škola chemicko-technologická. Praha: **1995**. 246 s. **ISBN 80-7080-239-1.**
- [23] PŘÍHODA, P., SKŘIVAN, P., HRUŠKOVÁ, M., *Cereální chemie a technologie I-cereální chemie, mlýnská technologie, technologie výroby těstovin*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko technologická v Praze, **2003**. 202 s. **ISBN 80-7080-530-7.**
- [24] KOTRBA, D., SALAQUARDA, J., *Sůl: Významná surovina i pochutina. Pekař cukrář*. **2010**, roč. **XX**, č. **10**, s. **14**.
- [25] VELÍŠEK, J.,HAJŠLOVÁ M., *Chemie potravin1, 2. upravené vydání*. Tábor: OSSIS, **2002**. 580 s. **ISBN 80-86659-00-3.**
- [26] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin 3*. 1. vyd. Tábor: OSSIS, **1999**. 368 s. **ISBN 80-902391-5-3.**
- [27] SKOUPIL, J., *Suroviny na výrobu pečiva*. Pardubice: Kara, **1994**. 211 s. **ISBN 80-85644-07-X.**
- [28] CAUVIAN, S. P., YOUNG, L. S. *Baking problems solved*. Boca Raton: CRC Press, **2001**. 280 s. **ISBN 0849312213.**
- [29] GRAU, J., KREMER, B., MÖSELER, B.M.,RAMBOLD,G., TRIEBEL,D., *Trávy – průvodce přílohou*. Praha: Ikar. Euromedia Group, **2004**. 198 s. **ISBN 80-249-0039-4.**
- [30] ODSTRČIL, J., ODSTRČILOVÁ, M. *Chemie potravin*. 1. vyd. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, **2006**. 164 s. **ISBN 80-7013-435-6.**
- [31] DAVÍDEK, J., JANÍČEK, G., POKORNÝ, J., *Chemie potravin*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko – technologická v Praze, SNTL, **1983**. 629 s.
- [32] HOZA, I., KRAMÁŘOVÁ, D. *Potravinářská biochemie I*. 1. vyd. Zlín: UTB, **2005**. **ISBN 80-7318-295-5.**
- [33] RYCHTERA, M., UHER, J., PÁCA, J., *Lihovarství, drožd'ářství a vinařství II.část*. Nakladatelství technické literatury, Praha: **1987**. 127-351 s. **ISBN 80-7080-117-4.**
- [34] SKOUPIL, J., *Technologie výroby pekařského droždí. Pekař cukrář*. **2003**, roč. **XIII**, č. **12**, s. **9-10**.
- [35] KUREČKA, R., *Řízení fermentace pomocí zmrazování. Ročenka Pekař cukrář*. **1999**, s. 21-23

- [36] KONTINUA, spol. s r. o., divize zlepšujících přípravků, **Jak ovlivnit kvalitu pečiva?.** *Pekař cukrář.* 2009, roč. **IXX**, č. **3**, s. **18-19**.
- [37] KOPECKÁ, B., **Zlepšující přípravky: nepostradatelná součást výroby pečiva.** *Pekař cukrář.* 2003, s. **24**.
- [38] ŠEDIVÝ, P., **Přípravky a směsi pro výrobu běžného pečiva.** *Pekař cukrář.* 2009, roč. **IXX**, č. **3**, s. **13-15**.
- [39] KOTRBA, D., **Přidaná hodnota surovin-trend v pekařství a cukrářství.** *Potravinářská revue.* 2009, roč. **VI**, č. **8**. ISSN 1801-9102.
- [40] PRUGAR, J., **Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí.** Výzkumný ústav pivovarský a sladčářský, 2008. 327 s. ISBN 978-80-86576-28-2.
- [41] PEČIVOVÁ, Pavlína. **Vliv definovaných přídatných látek na technologické a pekařenské vlastnosti pšeničného těsta.** Zlín: 2009. Dizertační práce. Fakulta technologická, Ústav analýzy a chemie potravin. ISBN 978-80-7318-876-4.
- [42] ŠTURMA, Z., **Kryogenní mražení a chlazení v technologii výroby pekařských výrobků.** *Pekař cukrář.* 2008, roč. **XVIII**, č. **7**, s. **3**.
- [43] GONDOVÁ, B., **Mikrobiologická kvalita sušených pekařských směsí.** Zlín: 2010. Diplomová práce. Fakulta technologická, Ústav technologie a mikrobiologie potravin.
- [44] Projekt OP RLZ Opatření 3. 3 - 0212, **Potravinářská technologie I. 1. vyd.** Zlín: UTB, 2007. 84 s.
- [45] ŘEHÁK, Z., CEDIDLA, O., **Nové technologie mražení pro pekárny.** *Pekař cukrář.* 2005, roč. **XV**, č. **6**, s. **5-6**.
- [46] NOVÁKOVÁ, E., **Zdravé tuky.** *Pekař cukrář.* 2010, roč. **XX**, č. **11**, s. **47**.
- [47] [online].[cit.2012-01-10]. Dostupný z <<http://www.pekass.cz/vyrobky/kategorie/pece-mrazeni/>>
- [48] BUŇKA, F., HRABĚ, J., VOSPĚL, B., **Senzorická analýza potravin I. 1. vyd.** Zlín: UTB, 2008. 157 s. ISBN 978-80-7318-887-0.
- [49] LORENZ, K., - BECHTEL, W., C., **Bakers Dig.** 1965, roč. **39**, č. **4**, s. **53**.
- [50] DRÍZAL, J., **Vliv zmrazování na stárnutí pekařských výrobků.** *Pekař cukrář.* 2011, roč. **XXI**, č. **8**, s. **4**.
- [51] [online].[cit.2012-02-18]. Dostupný z WWW: <<http://www.stablemicrosystems.com>>.
- [52] ČSN ISO 560116-3. **Metody zkoušení pekařských výrobků Část 3: Stanovení obsahu vody.**

- [53] ČSN ISO 8586-1 *Senzorická analýza- Obecná směrnice pro výběr, výcvik a sledování činnosti posuzovatelů-část 1: Vybrání posuzovatelé.*

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

cca	Přibližné množství
tzn.	To znamená
tj.	To je
např.	Například
hod.	Hodina
min.	Minuta
ČSN	Česká státní norma
kg	Kilogram
g	Gram
CO ₂	Oxid uhličitý
FN	Fallingnumber (pádové číslo)
P	Pevnost
max.	Maximální
H ₂ O	Voda
L	Tažnost
G	Index nafouknutí
W	Deformační energie (síla mouky)
P/L	Konfigurační poměr
I _e	Stupeň elasticity
ZP	Zlepšující přípravek

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 <i>Lepek</i>	20
Obr.2 <i>Amylosa</i>	23
Obr. 3 <i>Amylopektin</i>	24
Obr. 4 <i>Alveografická křivka mouky 512 NM 16 (817px / 659px)</i>	37
Obr. 5 <i>Změny teplot v závislosti na obsahu droždí 40g.kg⁻¹, 50g.kg⁻¹, 60g.kg⁻¹ a 70g.kg⁻¹ v těstě (11,24px / 15,48px)</i>	45
Obr. 6 <i>Změny tuhosti (F) u jednotlivých vzorků rohlíků s přísávkou droždí vzhledem k době mražení (600px/600px)</i>	49
Obr. 7 <i>Změny tuhosti (A) u jednotlivých vzorků rohlíků s přísávkou droždí vzhledem k době mražení (600px/600px)</i>	51
Obr. 8 <i>Kontrolní vzorek rohlíku s obsahem 40 g.kg⁻¹ droždí upečený po 24 hodinách (7,51px/10,27px)</i>	67
Obr. 9 <i>Kontrolní vzorek rohlíku s obsahem 40 g.kg⁻¹ droždí upečený po 24 hodinách (10,14px /14,71px)</i>	67
Obr. 10 <i>Řez rohlíku s obsahem 50 g.kg⁻¹ droždí upečený po 24 hodinách (8,46px / 14,47px)</i>	68
Obr. 11 <i>Vzorek rohlíku s obsahem 50 g.kg⁻¹ droždí upečený po 24 hodinách (9,43px /13,92px)</i>	68
Obr. 12 <i>Řez rohlíku s obsahem 60 g.kg⁻¹ droždí upečený po 48 hodinách (7,33px / 11,55px)</i>	69
Obr. 13 <i>Vzorek rohlíku s obsahem 60 g.kg⁻¹ droždí upečený po 48 hodinách (9,26px /14,66px)</i>	69
Obr. 14 <i>Řez rohlíku s obsahem 70 g.kg⁻¹ droždí upečený po 72 hodinách (8,37px /13,38px)</i>	70
Obr. 15 <i>Vzorek rohlíku s obsahem 70 g.kg⁻¹ droždí upečený po 72 hodinách (9,81px /14,44px)</i>	70

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 <i>Parametry mouky 512 NM 16</i>	38
Tab. 2 <i>Stanovení obsahu vody v těstě při 105 °C a pH těsta</i>	43
Tab. 3 <i>Celkový obsah vody v jednotlivých vzorcích rohlíků po upečení</i>	44
Tab. 4 <i>Maximální tuhost (F) rohlíků po upečení, celková tuhost (A) rohlíků po upečení</i> ...	47
Tab. 5 <i>Výsledky sensorické analýzy rohlíků s obsahem 40 g.kg⁻¹ – 70 g.kg⁻¹ droždí</i>	52

SEZNAM PŘÍLOH

P I Senzorické hodnocení pečiva – rohlíku

Jméno:

Datum:

1. Proved'te hodnocení 4 předložených vzorků pořadovým preferenčním testem. Seřad'te vzorky do pořadí od 1 do 4, kde 1 – nejpreferovanější, 4 – nejméně preferovaný.

Vzorek	A	B	C	D
Pořadí				

2. Hodnocení charakteristik rohlíku po upečení. Odpovídající hodnocení zakřížkujte.

1a, Oddělování kůrky od střídky u rohlíku

Vzorek	nepatrné	znatelné	více znatelné	velké	velmi velké
	1	2	3	4	5
A					
B					
C					
D					

1b, Hmatová charakteristika vzorku (kůrka+střídka)

Vzorek	málo pružná, spíše křehká	pružná	dostí pružná	houževnatá	velmi houževnatá
	1	2	3	4	5
A					
B					
C					
D					

1c, Gumovitost (pružnost) střídky u rohlíku

Vzorek	velmi vysoká	vysoká	střední	malá	nepatrná
	1	2	3	4	5
A					
B					
C					
D					

1d, Chut' a vůně rohlíku

Vzorek	velmi dobrá	dobrá	střední	s malými odchytkami v chuti	nevyho- vující
	1	2	3	4	5
A					
B					
C					
D					

1e, Vláčnost rohlíku

Vzorek	příliš vysoká	dosti vysoká	střední	dosti malá	velmi malá
	1	2	3	4	5
A					
B					
C					
D					

1f, Kvalita rohlíku

Vzorek	vynikající	velmi dob- rá	dobrá,průměrná	špatná	velmi špat- ná, nevyho- vující
	1	2	3	4	5
A					
B					
C					
D					

Definice použité pětibodové kategorové stupnice pro rohlíky

Stupeň	Označení stupně (jakosti)	Definice stupně
1	<i>Vynikající</i>	Rohlík má chuť a vůni po použitých surovinách, čistou bez cizích pachů a příchutí, dostatečně výraznou, jemnou a lahodnou. Výrobek vykazuje odpovídající čerstvou chuť pečiva. Textura (konzistence) rohlíku je vláčná na skusu. Kůrka se neodděluje.
2	<i>Velmi dobrá</i>	Chuť a vůně harmonická, čistá. Cizí příchuti jsou nepřipustné, připouští se méně výrazná vůně. Textura rohlíku je vláčná, měkká, homogenní. Kůrka se neodděluje.
3	<i>Dobrá, průměrná</i>	Rohlík má průměrnou jakost, objevují se drobné vady v hodnoceném znaku, které však nijak výrazně neovlivní jakost. Vůně a chuť je prázdnější, málo výrazná, málo harmonická. Textura rohlíku je vláčná, měkká, homogenní. Kůrka se nepatrně odděluje.
4	<i>Špatná</i>	Rohlík má dílčí odchylky od standardní jakosti, s určitými výhradami je však přijatelná. Chuť neharmonická, kyselejší, slanější, cizí příchut' aj. Textura rohlíku je málo vláčná nebo příliš mazlavá, střída nepropečená, slabě rozpadavá apod. Kůrka je viditelně oddělená od střídky.
5	<i>Velmi špatná, nevyhovující</i>	Rohlík je netypické chuti (např. přesolený, příliš kyselý s kvasničnou či cizí příchutí), vůně je cizí, netypická, po plísni, zatuchlá apod. Textura je téměř suchá, rozpadavá nebo silně mazlavá, gumovitá aj. Kůrka se viditelně odděluje či praská.

Příloha P II: Senzorické hodnocení rohlíků



*Obr. 8 Kontrolní vzorek s obsahem 40 g.kg^{-1} droždí upečený po 24 hodinách
(7,51 px / 10,27 px).*



*Obr. 9 Kontrolní vzorek rohlíku s obsahem 40 g.kg^{-1} droždí upečený po 24 hodinách
(10,14px / 14,71px).*



*Obr. 10 Řez vzorku rohlíku s obsahem 50 g.kg^{-1} droždí upečený po 24 hodinách
(8,46px / 14,47px).*



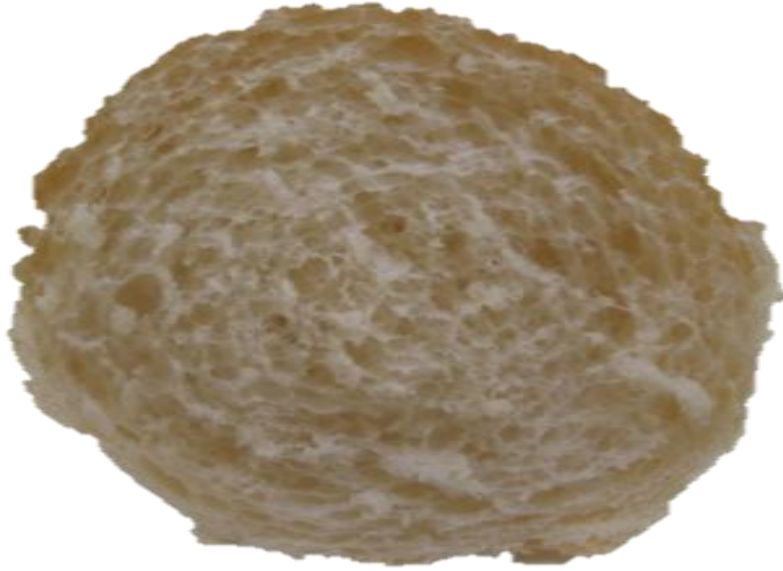
*Obr. 11 Vzorek rohlíku s obsahem 50 g.kg^{-1} droždí upečený po 24 hodinách
(9,43px / 13,92px).*



*Obr. 12 Řez rohlíku s obsahem $60 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ droždí upečený po 48 hodinách
(7,33px / 11,55px).*



*Obr. 13 Vzorek rohlíku s obsahem $60 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ droždí upečený po 48 hodinách
(9,26px / 14,66px).*



*Obr. 14 Řez rohlíku s obsahem 70 g.kg^{-1} droždí upečený po 72 hodinách
(8,37px / 13,38px).*



*Obr. 15 Vzorek rohlíku s obsahem 70 g.kg^{-1} droždí upečený po 72 hodinách
(9,81px / 14,44px).*

