

Aditiva přidávaná na úpravu kvality mraženého jemného pečiva

Bc. Markéta Korcová

Diplomová práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav biochemie a analýzy potravin

akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Markéta KORCOVÁ**
Osobní číslo: **T09545**
Studijní program: **N 2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**

Téma práce: **Aditiva přidávaná na úpravu kvality mraženého jemného pečiva**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Technologie mražení.
2. Technologie výroby jemného pečiva.
3. Základní suroviny pro výrobu jemného pečiva.
4. Aditiva přidávaná do těst.
5. Reologické vlastnosti těst a pekárenských výrobků.
6. Senzorická analýza pekárenských výrobků.

II. Praktická část

1. Chemická analýza těst.
2. Chemická analýza jemného pečiva.
3. Měření reologických vlastností jemného pečiva.
4. Senzorická analýza jemného pečiva.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] DAVÍDEK, J., JANÍČEK, G., POKORNÝ, J. Chemie potravin, SNTL, Praha 1983.

[2] VELÍŠEK, J. Chemie potravin 1, OSSIS, Tábor 1999.

[3] CAUVAIN, S., YOUNG, L. Baking problems solved, Woodhead Publishing, Cambridge 2001.

[4] ŘEZÁČ, J. Vliv zmrazení na těsto a pečivo (I.), Pekař cukrář, 2009, roč. IXX, č. 4.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Pavlína Pečivová, Ph.D.

Ústav technologie a mikrobiologie potravin

Datum zadání diplomové práce:

25. února 2011

Termín odevzdání diplomové práce:

20. května 2011

Ve Zlíně dne 21. března 2011

doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.

děkan



doc. Ing. Miroslav Fišera, CSc.

ředitel ústavu

Příjmení a jméno: KORCOVÁ MARKÉTA

Obor: CHTP-THEVP

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, považuji 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 14.5.2011

Markéta Korcová

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 užit 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 přihlíádne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Cílem této diplomové práce bylo zjistit vliv přídavku zlepšujícího přípravku Frosty a arabské gumy na vybrané chemické vlastnosti pšeničného těsta a vybrané chemické, reologické a organoleptické vlastnosti plundrového jemného pečiva. Přídavkem zlepšujícího přípravku Frosty došlo ke snížení obsahu vody a zvýšení titrační a aktivní kyselosti u těst i pekárenských výrobků. Také přídavkem arabské gumy se snížil obsah vody v těstě a čerstvém pečivu. U starších výrobků se obsah vody zvýšil, ale pouze do určité koncentrace arabské gumy. Arabská guma neměla významný vliv na titrační kyselost, ani na hodnotu pH. Přídavek obou aditiv snížil pevnost pečiva. Vyšším množstvím aditiva docházelo k pomalejšímu tvrdnutí výrobků při skladování. V sensorické analýze čerstvého pečiva byly vzorky s přídavkem zlepšujícího přípravku Frosty hodnoceny lépe než vzorky bez aditiv, naopak vzorky s přídavkem arabské gumy byly hodnoceny hůře. Starší pečivo s přídavkem obou aditiv získalo lepší hodnocení než výrobky bez těchto aditiv. Ve větších koncentracích však definovaná aditiva způsobovala různé negativní projevy, např. pachut'.

Klíčová slova: mražení, jemné pečivo, pšeničná mouka, voda, droždí, sůl, cukr, tuk, aditiva, arabská guma, zlepšující přípravek Frosty, reologie, sensorická analýza

ABSTRACT

The aim of this Master thesis was to determine the effect of the addition of Frosty and Gum arabic from acacia tree on selected chemical properties of wheat flour dough and selected chemical, rheological and organoleptic properties of plundered pastry. Addition of Frosty decreased the water content and increased titratable and active acidity in wheat flour dough and final products. The addition of Gum arabic from acacia tree reduced the water content in dough and fresh pastry, too. For earlier products, the water content increased, but only to a certain amount of Gum arabic from acacia tree. Gum arabic from acacia tree had no significant effect on the titratable acidity or pH. Addition of both additives decreased the strength of bread. Higher amount of additives caused slower stiffness of products during storage. In the sensory analysis, fresh bread samples with the addition of Frosty were valued

better than samples without additives, whereas samples with the addition of Gum arabic from acacia tree were valued badly. Older pastries with the addition of both additives were valued better than those without these additives. However, defined additives in larger concentrations caused various negative effects such as aftertaste.

Keywords: refrigeration, pastry, wheat flour, water, yeast, salt, sugar, fat, additives, arabic gum, Frosty improver, rheology, sensory analysis

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Pavlíně Pečivové, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, poskytnutí odborné literatury a trpělivost při zpracování mé diplomové práce.

Dále bych chtěla poděkovat panu technologovi Ing. Jaroslavu Švachovi za praktickou pomoc v pekárně a cenné rady z oblasti pekárenské praxe a dále pánům majitelům Ing. Miroslavu Lapčikovi a Ing. Bronislavu Lapčikovi pekárny Topek s.r.o., Topolná za umožnění výroby plundrového jemného pečiva a také pracovníkům pekárny Topek, s.r.o., Topolná za pomoc při hodnocení senzorických dotazníků.

Děkuji také celé rodině a mým blízkým za podporu při studiu.

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

OBSAH

ÚVOD	12
I TEORETICKÁ ČÁST	13
1 TECHNOLOGIE MRAŽENÍ.....	14
1.1 PRINCIP ZMRAZOVÁNÍ	14
1.2 Vliv zmrazení na těsto a pečivo	15
1.3 PŘEMĚNA VODY V PROCESU ZMRAZOVÁNÍ.....	16
2 TECHNOLOGIE VÝROBY JEMNÉHO PEČIVA.....	21
2.1 VYMEZENÍ POJMU JEMNÉ PEČIVO.....	21
2.2 TĚSTO A JEHO PŘÍPRAVA.....	21
2.2.1 Příprava pšeničného těsta	21
2.2.2 Hnětení těsta	23
2.3 ZPRACOVÁNÍ TĚSTA	25
2.3.1 Zrání těsta.....	25
2.3.2 Dělení a tvarování těsta	26
2.3.3 Zmrazování těsta.....	26
2.3.4 Rozmrazování těsta.....	27
2.3.5 Dokynutí těsta a sázení těst do pece	27
2.3.6 Pečení.....	28
3 SUROVINY PRO VÝROBU JEMNÉHO PEČIVA	31
3.1 MOUKA.....	31
3.1.1 Lepek	33
3.1.2 Škrob.....	34
3.2 VODA	35
3.3 DROŽDÍ.....	36
3.3.1 Vhodné druhy droždí pro zmrazování syrových a předkynutých těst	37
3.4 SŮL.....	38
3.5 CUKR.....	38
3.6 TUK.....	39
4 ADITIVA PŘIDÁVANÁ DO TĚST	41
4.1 POŽADAVKY NA ZLEPŠUJÍCÍ PŘÍPRAVKY	41
4.2 VOLBA VHODNÉHO PŘÍPRAVKU.....	42
4.3 ROZDĚLENÍ ZLEPŠUJÍCÍCH PŘÍPRAVKŮ A V NICH ÚČINNÝCH PŘÍRAD.....	44
4.4 ADITIVA VHODNÁ DO ZMRAZENÝCH TĚST	45
5 REOLOGICKÉ VLASTNOSTI TĚST A PEKÁRENSKÝCH VÝROBKŮ	48
5.1 TEXTURNÍ ANALYZÁTOR (TEXTURE ANALYSER TA.XT PLUS)	49
6 SENZORICKÁ ANALÝZA PEKÁRENSKÝCH VÝROBKŮ.....	51

6.1	ZÁSADY SENZORICKÉHO POSUZOVÁNÍ	51
6.1.1	Odběr vzorků a příprava vzorků pro hodnocení.....	51
6.1.2	Způsob podávání vzorků k sensorické analýze.....	51
6.1.3	Zachování anonymity vzorků a jejich kódování.....	52
6.1.4	Hodnocení a degustace vzorků.....	52
6.1.5	Obecné požadavky pro posuzovatele.....	53
6.1.6	Doba a délka posuzování.....	53
II	PRAKTICKÁ ČÁST	54
7	CÍL PRÁCE.....	55
8	MATERIÁL A METODIKA	56
8.1	MATERIÁL	56
8.1.1	Suroviny pro výrobu	56
8.2	METODIKA	60
8.2.1	Výroba mraženého jemného pečiva	60
8.2.2	Chemická analýza těst	65
8.2.3	Chemická analýza jemného pečiva	66
8.2.4	Měření reologických vlastností jemného pečiva	67
8.2.5	Senzorická analýza jemného pečiva	68
9	VÝSLEDKY A DISKUSE.....	69
9.1	CHEMICKÁ ANALÝZA TĚST.....	69
9.1.1	Stanovení obsahu vody (vlhkosti).....	69
9.1.2	Stanovení titrační kyselosti (titrovatelných kyselin).....	70
9.1.3	Stanovení aktivní kyselosti (pH).....	71
9.2	CHEMICKÁ ANALÝZA JEMNÉHO PEČIVA.....	71
9.2.1	Stanovení obsahu vody (vlhkosti).....	72
9.2.2	Stanovení titrační kyselosti (titrovatelných kyselin).....	74
9.3	MĚŘENÍ REOLOGICKÝCH VLASTNOSTÍ JEMNÉHO PEČIVA	76
9.4	SENZORICKÁ ANALÝZA JEMNÉHO PEČIVA	81
	ZÁVĚR	87
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	89
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	94
	SEZNAM OBRÁZKŮ	95
	SEZNAM TABULEK	96
	SEZNAM PŘÍLOH	97

ÚVOD

V posledních letech průmyslové zpracování mražených těst zaznamenalo velké změny, které se projevily především v objemu a rozmanitosti vyráběných zmrazených výrobků, v technickém a technologickém pokroku. Výroba zmrazených těst, především výrobků zamrazených v různých fázích zpracování (syrové, předkynuté, atd.) způsobila v pekárenském průmyslu revoluci. Některé výroby totiž umožňují velkovýrobu pečiva, které může být relativně dlouho a bezpečně skladováno a které se postupně odebírá, podrobuje rozpékání těsně před prodejem. Spotřebiteli je tím poskytnut zcela čerstvý výrobek, což bylo dříve výsadou malovýrobců. Požadavky na technické vybavení „rozpékacích“ míst, umístěných často v superčích hypermarketech, jsou poměrně nenáročné, hlavně ve srovnání s nezbytným technologickým vybavením klasické pekárny.

Zmrazená těsta je nutno nejprve rozmrazit, případně nechat vykynout a upéci. V poslední době se často uplatňuje výroba syrových nekynutých a předkynutých těstových kusů, jež se vkládají přímo bez dokynutí do pece, kde v primární fázi pečení nabývají výrazně na objemu a získávají tím požadované finální vlastnosti. Kvalitní technologický výsledek však klade velké nároky na suroviny: používají se speciální druhy droždí a zlepšujících přípravků (často předmět know-how výrobců) a vysoké jsou též požadavky na kvalitu mouk.

Pro všechny druhy zmrazených těst je téměř nezbytné použití zlepšovacích přípravků, zaručujících výrobu pečiva požadované kvality. Zmrazování a rozmrazování těsta má často za následek tvrdnutí střídy u upečených výrobků. Tyto vady lze odstranit použitím zlepšovacích přípravků.

Jak již bylo zmíněno, zlepšující prostředky pro výrobu těst představují důležitou problematiku, která je dodnes předmětem výzkumu a vývoje. Jejich složení, kombinace účinných látek, atd. je velmi často předmětem průmyslové ochrany a know-how.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TECHNOLOGIE MRAŽENÍ

V současné době je v pekařském provozu zavedena mnohostranně využitelná varianta, která je úspěšně a čím dál více využívána jak v oblasti těst, tak i u pečených výrobků. Touto variantou je použití chladu [1].

Přerušením některých procesů (kynutí, pečení, atd.) při výrobě zmražených produktů, zajišťuje zákazníkům tzv. „benefit čerstvosti“. V zásadě je tato výroba charakterizována jako jeden ze způsobů uchování trvanlivosti [1]. V případě zmrazování pečiva jde o přerušení procesu retrogradace amylozy, který způsobuje tvrdnutí pečiva. U těstových polotovarů je cílem přerušit biologického procesu kvašení tak, aby nedošlo ke zničení kvasinek, protože po rozmrazení musí těsto opět kynout [2].

Technologie mražení využívá okolnosti, že se rychlost chemických reakcí a tedy i rychlost biochemických rozkladných procesů s klesající teplotou mohutně zvolňuje, a že voda vázaná v pevném skupenství (v ledu) je pro biochemické děje bezcenná, takže se prostředí zmrzlé vzhledem k nim chová jako suché [3].

1.1 Princip zmrazování

Proces zmrazování má zpravidla dvě fáze. První fází je rychlé, tzv. skořápkové mrazení (shell-freezing), při kterém se vytváří 3-4 mm tlustá zmrzlá slupka, fixující tvar výrobku. Druhá fáze zmrazování je pomalá, aby se kvasničné buňky uvnitř výrobku stačily dehydratovat, a tím uchránily protoplazmu před vymrznutím [2].

Zmrazovat lze jak syrové těstové kusy, tak hotové výrobky. Zmrazování syrových těstových kusů má ve srovnání se zmrazováním hotových výrobků dvě zřejmé přednosti:

- Energetická výhodnost – výrobky procházejí pecí pouze jednou
- Efektivnější dělba práce a specializace mezi jednotlivými provozovny [2].

Výrobní zmrazených těst pracují s kynutými i nekynutými těsty. Technologický postup končí vytvarováním, někdy předkynutím, zmrazením a zabalením těstového kusu [2].

Při zmrazování polotovarů z kynutého těsta je nutno dodržovat určité technologické zásady:

1. Receptura obsahuje více (přibližně o 1/3) obvyklé dávky droždí, dále má více tuku, eventuálně s emulgátorem, a méně vody. Také se doporučuje přidávek zlepšovadel.
2. Těsta musí být málo vyžralá, tužší; připravují se přímým vedením, nejlépe intenzivním nebo středně intenzivním hnětením.
3. Zmrazování se provádí takovou rychlostí, aby většina kvasničných buněk proces přežila a zachovala si kvasicí schopnost.
4. Rozmrazování se provádí dle různých technologických předpisů – pro pekaře, kteří polotovar zpracovávají průmyslově, i pro malospotřebitele, kteří si těsta ve zmraženém stavu uchovávají v mrazicích schránkách, podle potřeby je rozmrazují a po dokynutí pečou [2].

Cyklus zmrazování a rozmrazování se nesmí v žádném případě opakovat, protože by docházelo k vytvoření ledových krystalků uvnitř kvasničných buněk a k jejich odumírání i k jiným nežádoucím fyzikálním jevům, které zhoršují kvalitu výrobku [2].

1.2 Vliv zmrazení na těsto a pečivo

Při zamrazení těsta, můžeme z technologického hlediska sledovat řadu procesů, které pak mohou být s ohledem na jejich příčinu kontroverzně posuzovány, hodnoceny a diskutovány [1].

Pokud např. zmrazíme nenakynuté těsto, pak je třeba po roztátí prodloužit fázi kynutí, což na jedné straně vede k dřívějšímu nástupu poškození kvasinek a/nebo s tím souvisejícím snížením stupně kynutí a na straně druhé následuje rozpad vaznosti (omezený objem plynů) jako následek možné krystalizace těsta (např. působením velkých krystalů ledu) [1, 4].

Skutečnost, že předkynuté, zmrazené klonky a nevykynuté zmrazené klonky vykazují jiné složení plynů a z toho důvodu také odlišnou schopnost přenosu tepla, nebyla doposud ve většině případů zohledňována. Také vliv CO₂ v podmínkách mrazu na obsahu látek v těstě, resp. na kvalitativní znaky chleba a pečiva, nebyl vůbec sledován [1].

V pekárenství se k oddělení popř. přerušení výroby těsta, resp. pečícího procesu využívají různé způsoby. Při tom jsou nenakynuté (tzv. „zelené“) stejně jako předkynuté klonky (růz-

ného stupně nakynutí) zamrazeny. Kromě toho bylo již dříve vyvinuto a zavedeno na trh zmrazování pekařských výrobků na různém stupni pečení (předpečení) [1].

V souvislosti s tím byly do praxe zavedeny různé metody usměrňování kynutí. Zatímco tzv. „dlouhodobé vedení“ kynutí je řízeno (a prodlužováno) pomocí velmi malého množství droždí (kvasu), tak případné oddálení a přerušení kynutí docílíme použitím nižších teplot [1].

Zmrazení těsta nebo upečených výrobků je spojené s dalšími a velmi často používanými postupy. U zmrazených příslušných výrobků je skladovatelnost nejvyšší (až několik měsíců). Při procesech zmrazování se používají plynulé a přerušované postupy [1].

V jednotlivých případech se mj. využívá následující chladicí technologie, techniky a zařízení:

- konvenční chlad (chladírny)
 - šokové mrazení
 - chladicí skladové komory
 - specifická zařízení
- kryogenní plyny
 - LCO₂ (tekutý CO₂)
 - LN₂ (tekutý dusík)
- adsorpční technologie
 - odpaření vody ve vakuu pomocí zeolitu
 - „vakuově-entalpické-chlazení“ [1]

1.3 Přeměna vody v procesu zmrazování

Voda je důležitou složkou surovin rostlinného i živočišného původu. Do potravin se přidává přímo nebo přichází se surovinami, v nichž je vázána různými způsoby. Nejdůležitější je pro mrazirenské zpracování voda volná a vázaná [5].

Voda volná je rozpouštědlem solí, cukrů, kyselin a dalších látek, které vytváří pravé roztoky. Jedná se o prostředí, v němž se odehrávají chemické a biochemické změny. Odstraňová-

ním volné vody ze zpracovávaných surovin lze nepříznivé procesy zpomalit nebo i zastavit [5, 6].

Voda vázaná je poutána především na koloidy (bílkoviny, pektin, škrob a látky příbuzné tukům), kolem kterých tvoří tenký obal, který je s nimi pevně spojen. Na rozdíl od pravých roztoků koloidy neprocházejí a nedifundují propustnými blanami. Ve srovnání s čistou vodou je hustota koloidně vázané vody vyšší, měrné teplo nižší a část koloidně vázané vody nezmrzá v některých případech ani při $-75\text{ }^{\circ}\text{C}$. Její zmrazení a vysušení je tedy mnohem obtížnější než u vody volné [5, 6].

Poněkud odlišné vlastnosti má voda nacházející se v buňkách, v mezibuněčných prostorech nebo dokonce v kapilárách [5].

Procesem zmrazování vznikají četné fyzikální změny, při kterých dochází k přeměně vody – hlavní součástí obsahu těsta a pečiva – z kapalného skupenství na pevné. K nejdůležitějším fyzikálním změnám patří především tvorba krystalů, neustálá krystalizace, zvětšení objemu a nárůst vnitřního tlaku [7].

Tvorba ledu nezačíná bezprostředně při bodu tuhnutí, nýbrž vyžaduje ještě určité ochlazení. Ledové krystaly se tvoří až na prvních krystalizačních zárodcích. Tyto zárodky se při tom skládají z určitého počtu molekul vody, které se nachází již v krystalovém svazku, jež je typický pro led [7].

Velký význam má znalost závislosti teploty na stupni spontánnosti tvorby krystalizačních zárodků a rychlosti růstu krystalů nebo krystalizačních zárodků. Pod bodem tuhnutí je míra tvorby velmi nízká, to samé platí při velkém podchlazení zmrazované látky. Lineární rychlost nárůstu krystalů těsně pod bodem tuhnutí je závislá na odvození skupenské teploty tání. Při nižších teplotách dosahuje rychlost nárůstu krystalů konstantně maximální teploty, následkem čehož narůstající viskozita vody klesne zpět na nulu. Při tom se tekutina změní v amorfni, sklovitou. Tento proces přeměny se nazývá vitrifikace [7].

Tvorba hrubé a jemně zrnité krystalové mřížky je závislá na vztahu rozsahu tvorby krystalů a rychlosti nárůstu krystalů. Čím silnější tento vztah je, tím menší se tvoří krystaly, tzn., že při rychlém zmrazování se tvoří mnoho malých ledových krystalů, zatímco při pomalém zmrazování se tvoří krystalů mnohem méně. Tyto krystaly jsou pak mnohem větší. Cukerný roztok zamrzá stejně jako rozpuštěná sůl pod $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Na druhé straně znečištění vede k rychlejší krystalizaci vody. Koncentrace vznikající při zmrazování zbytkového roztoku

klesá dále pod bod mrazu, takže u potravin namísto bodu mrazu mluvíme o „začátku“ a „oblasti“ mrznutí. Např. světlý chléb tak začíná mrznout teprve při $-3,5\text{ °C}$ [7].

Při mrazírenském skladování se musí dávat pozor, aby zpočátku značné rozdíly mezi rychlým a pomalým zmrazováním nebyly narušeny rekrytalizací. Tou se rozumí růst velkých ledových krystalů na úkor těch menších. Tento proces probíhá analogicky k všeobecně známému jevu, kdy na orosené skývě se některé kapky zmenší a zmizí, zatímco větší kapky nabudou na objemu [7].

Rekrytalizace je tím zjevnější, čím vyšší je teplota, protože přitom je větší i rozdíl tlaku vodních par mezi velkými a malými krystaly [7].

Obzvlášť důležité je dodržení konstantně nízké skladovací teploty, poněvadž teplotní výkyvy napomáhají rekrytalizaci. Při každém zahřátí nejmenší ledové krystaly z důvodu jejich nízkého bodu tání nejprve tají, zatímco rozdíl tlaku vodních par se značně zvyšuje [7].

Změna skupenství vody na led je mimo jiné spojena se změnou hustoty. Při 0 °C se hustota sníží z $0,9998\text{ g.cm}^{-3}$ (voda) na $0,9168\text{ g.cm}^{-3}$ (led), čímž dojde k tomu odpovídajícímu nárůstu objemu – zde hovoříme o tzv. „anomálii vody“. Při nižších teplotách pak hustota opět stoupá (např. na $0,9481\text{ g.cm}^{-3}$ při 20 °C) [7].

Také další fyzikální vlastnosti vody a ledu se výrazně změny (Tab. 1). Tím se značně zvýší tepelná vodivost ledu, zatímco na straně druhé se měrné teplo sníží přibližně na polovinu [7].

Tab. 1 *Přehled fyzikálních vlastností vody a ledu* [7]

	Teplota [°C]	Hustota [g.cm ⁻³]	Tepelná vodivost [W.cm ⁻¹ °C]	Měrné teplo [KJ.kg ⁻¹ °C]
Voda	0	0,9998	0,5435	4,218
Led	0	0,9168	2,2150	2,050
Led	-20	0,9481	2,3880	2,050

Při zmrazování musí být zohledněny následující faktory:

- zamezení tvorby velkých ledových krystalů
- zamezení vzniku odlučovacích procesů
- zamezení teplotních výkyvů během skladování [7]

S přihlédnutím k výše zmíněným faktorům je prvotně důležité dodržet vysokou rychlost zmrazování, aby byl minimalizován počáteční obsah zárodků velkých ledových krystalů. Za druhé je pak důležité zabránit teplotním výkyvům během skladování a zabránit množení tvořících se krystalů, které během zmrazování vznikly, dále pak zamezit nárůstu velkých ledových krystalů vznikajících na úkor těch menších [7].

Tento požadavek může být dodržen jen tehdy, nedochází-li k rozmrazování v mrazícím prostoru, nýbrž mimo něj. Takto skladované výrobky nebudou poškozeny. Navíc může být díky oddělenému šokovému zmrazování pracováno při vyšší cirkulaci vzduchu a zároveň nižší odpařovací teplotě. Tímto se docílí rychlejšího zmrazení a tím snížení počtu velkých ledových krystalů na začátku skladovacího procesu [7].

Rozsah rychlosti zmrazování je definován následovně:

- | | |
|---------------------------|-----------------------------------|
| • velmi pomalé zmrazování | $< 0,001 \text{ m.h}^{-1}$ |
| • pomalé zmrazování | $0,001 - 0,005 \text{ m.h}^{-1}$ |
| • rychlé zmrazování | $0,005 - 0,05 \text{ m.h}^{-1}$ |
| • velmi rychlé zmrazování | $0,05 - 1,0 \text{ m.h}^{-1}$ [7] |

K docílení vysoké rychlosti zmrazování, je důležité, aby u předkynutých klonků byla nejvýše za jednu hodinu mrazicí teplota v jádru mezi -6 až -7 °C (průměr houskového klonku: cca 0,5 m: dosažení mrazicí teploty v jádru – poloviční průměr = $0,025 \text{ m.h}^{-1}$). Je třeba předkynuté klonky během 30 min zamrazit, abychom zamezily začínající tvorbě ledových krystalů a docílily velmi rychlého zmrazení. Dodržení „rychlého mrazicího tempa“ např. $0,03 \text{ m.h}^{-1}$ je na základě praktických zkušeností u hluboce zmrazených klonků bohatě dostačující k docílení optimální jakosti. Doba zmrazení je za těchto podmínek o něco delší (viz níže). Skladování je pak možné po dobu jednoho i více měsíců. Kvalitativní rozdíly mezi šokovým mrazením pomocí kryogenních plynů a konvenční mrazicí technikou jsou za stejných podmínek rychlosti zmrazování nezjistitelné [7].

Metodou šokového mrazení, vzniká jemná krystalová struktura, vedle níž se objevuje také menší počet větších ledových krystalů. Ve srovnání s velkými ledovými krystaly ty menší vykazují větší tlak plynů a tím nižší bod tání. Při výkyvech teplot ve skladovacím prostoru se menší krystaly rozpouštějí, zatímco větší nabývají ve svém objemu. S přirůstáním větších krystalů se zvyšuje tlak z důvodu jejich zvýšené potřeby místa. Tlak způsobuje pnutí, které vede ke vzniku trhlin v pórovité struktuře. Při dopékání výrobku je pak horší udržitelnost plynů [7].

Povrch klonků může lokálně vyschnout (sublimací ledových krystalů), což způsobí nevzhledné nejprve šedožluté, později bílé skvrny, které zůstanou i po roztátí [7].

Hlavní technologické zásady zmrazování pečiva lze shrnout do několika bodů:

- zmrazení by mělo probíhat mimo mrazírenské skladovací prostory
- zamezit teplotním výkyvům v prostoru mrazírenských skladovacích prostor (nemělo by docházet k častému kolísání teplot během skladování o více než 1 °C)
- dodržet optimální rychlost zmrazování, doba zmrazování při šokovém chlazení klonků na housky by měla dosáhnout nejvýše 1 hod (lépe zhruba 40 min)
- následně předání do mrazírenského skladu v obchodě za stejných podmínek [2]

Tab. 2 Nejvýznamnější změny při zmrazování těsta [7]

Fyzikální	Biochemické/mikrobiologické	Chemické
Tvorba ledových krystalů	Aktivita enzymů, malá	Posuny v koncentraci
Rekrystalizace		
Nárůst objemu	Kvas – poškození buněk	
Nárůst vnitřního tlaku		pH – hodnota – pokles
A_w – hodnota – pokles		
Změna zatížení		Pojivo – membrána - rozpad
Plynná difúze		
Rozpustnost plynů		

2 TECHNOLOGIE VÝROBY JEMNÉHO PEČIVA

2.1 Vymezení pojmu jemné pečivo

Jemné pečivo jsou pekařské výrobky získané tepelnou úpravou těst nebo hmot s recepturním přídatkem nejméně 8,2 % bezvodého tuku nebo 5 % cukru na celkovou hmotnost použitých mlýnských výrobků, popřípadě plněné různými náplněmi před pečením nebo po upečení marmeládou, džemem nebo povidly, nebo povrchově upravené sypáním, polevou nebo glazurou [8].

Jedná se o široký sortiment výrobků, ale malý objem výroby ve srovnání s běžným pečivem a chlebem. Je to dáno náročností na suroviny, velkou pracností a energetickou hodnotou, která je u těchto výrobků vysoká [9]. Jemné pečivo se dělí na tyto skupiny: tukové, máslové, trvanlivé a speciální [10].

Největší objem výroby zaujímá kynuté vánočkové a koláčové pečivo, dále kynuté smažené pečivo, listové kynuté pečivo (plundrové), listové nekynuté pečivo a křehké pečivo [9].

2.2 Těsto a jeho příprava

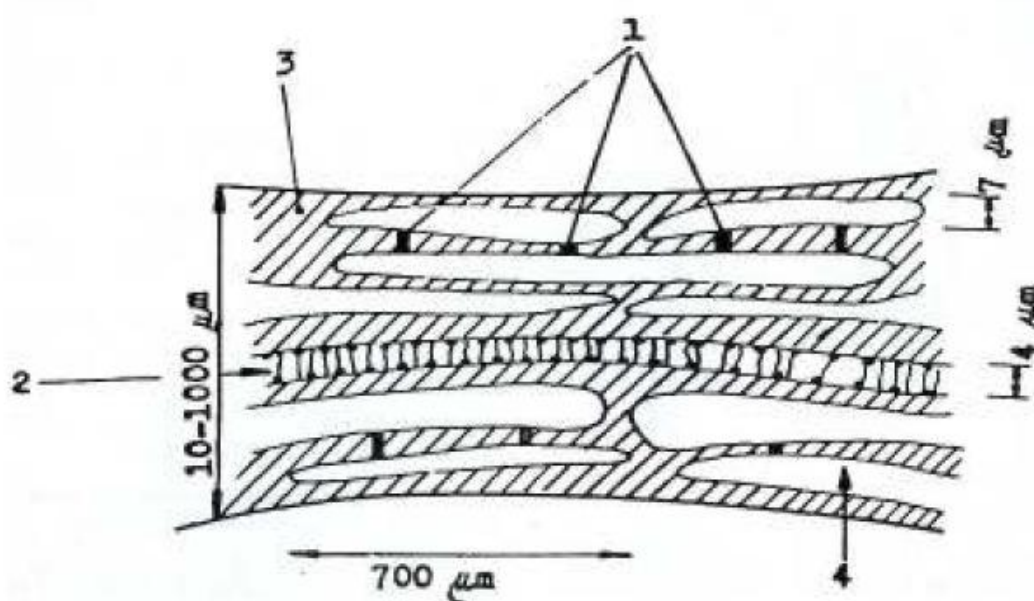
2.2.1 Příprava pšeničného těsta

Příprava těsta je jednou z nejdůležitějších technologických operací. Největší část pekárenských výrobků je založena na vytvoření těsta z tradičních surovin, mouky a vody s přídatkem soli, a kypřidel. Další používané přísady zlepšují vlastnosti těst, ale pro jejich tvorbu již nejsou nezbytné [10, 11, 12].

V mouce se žádné z přírodních polymerů nevyskytují v prostorově spojitě struktuře, která by prostupovala celým objemem. Teprve po přidání vody začíná bobtnání bílkovin a pentózanových polysacharidů, které mohou bobtnat i při teplotě výrobních prostor [11].

Při tvorbě pšeničného těsta dochází v průběhu hnětení k pozvolnému vytváření prostorově trojrozměrné sítě lepkové bílkoviny. Ta je nosnou strukturou těsta, která má charakter tuhého gelu. Z původní směsi pevných a kapalných složek se v krátké době vytváří systém, v němž je spojitou disperzní fází nabobtnalý gel a v něm suspendovaná především škrobová zrna a další tuhé nebo hydrofobní gelovité složky (tuky) [11, 12].

V prvních fázích bobtnání jsou vodou obsazovány hydrofilní skupiny -OH, -COOH, a -NH₂. Hydrofilní skupiny nejsou hydratovány a udržují zpočátku vazby mezi jednotlivými řetězci např. pomocí vodíkových vazeb, které nejsou příliš silné. Pokud pokračuje hydratační působení vody dosti velkou silou, jsou překonávány slabší síly mezi micelami bílkoviny a voda se dostává mezi tyto micely. Tím jsou dány předpoklady k průběhu dalších reakcí jak mezi bílkovinnými řetězci, tak mezi složkami mouky a dalšími přísadami. Přitom významnou roli hraje i mechanické promíchávání těsta. Teprve v této fázi se vytváří spojitý pšeničný lepek. Představu lepkového vlákna demonstruje obrázek (Obr. 1.) [11].



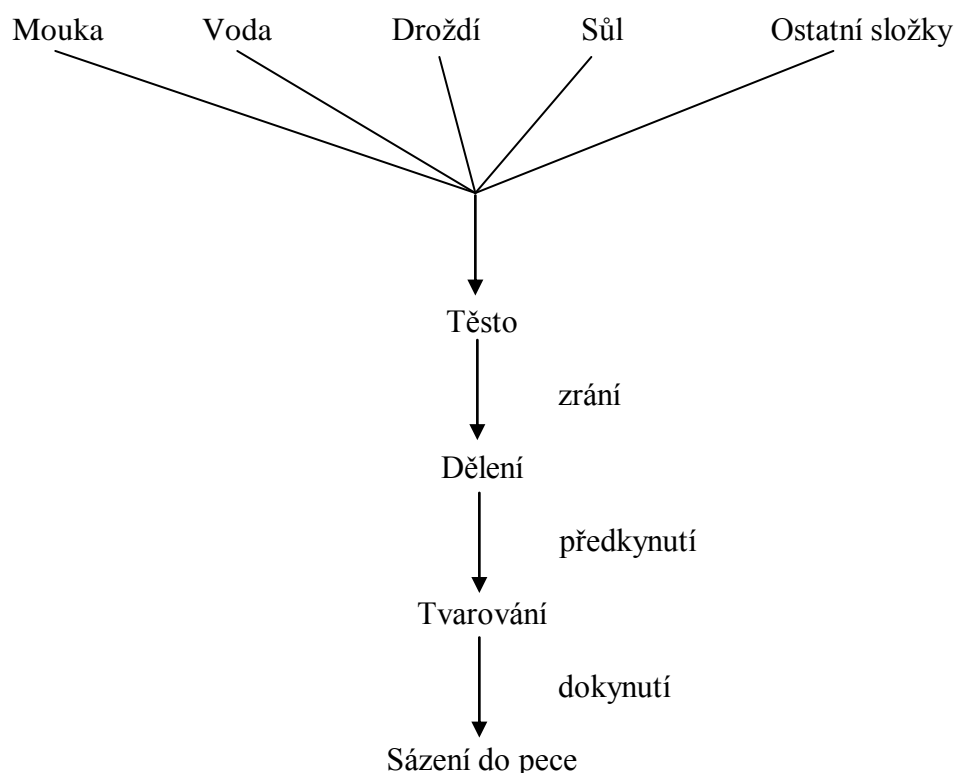
Obr. 1 Model struktury hydratovaného lepkového vlákna [13]

1 – vodíkové můstky, 2 – vrstva lipoproteinu, 3 – vodní fáze,
4 – bílkovinné destičky

Během tohoto procesu mění pšeničná bílkovina svoji celkovou vnější strukturu tak, že dochází k přerušování slabších vazeb a vytvářejí se nové pevnější. Velmi důležitou roli při tom hrají oxidačně-redukční procesy. Především je důležitý vliv vzdušného kyslíku. Vzdušný kyslík působí v mnoha reakcích, z nichž nejdůležitější je vznik disulfidických vazeb, čímž se zpevňuje strukturní bílkovinná stavba těsta, které je pak pevnější a tužší. Tím jsou dány předpoklady k udržení většího objemu plynu a dosažení většího objemu výrobku i z mouk, které jinak mají lepek sám o sobě nedostatečně pevný [11, 12].

Přímé vedení pšeničného těsta

Při přímém vedení těsta se všechny složky dávkují současně a ihned se vymíchává a vyhnete těsto. Výhodou tohoto postupu je značné zjednodušení technologického postupu. Nevýhodou může být delší doba zrání těsta, ale i ta může být zkrácena, pokud se zvýší recepturní dávka droždí. Při vysokém obsahu tuku a cukru se droždí musí dávkovat ještě ve větším množství. Schematické znázornění přímého způsobu vedení těsta je znázorněno na obrázku (Obr. 2.) [11, 12].



Obr. 2 Schematické znázornění přímého způsobu vedení těsta [12]

2.2.2 Hnětení těsta

V první fázi hnětení dochází ještě k promíchávání a homogenizaci všech složek těsta. Současně s hnětením se zintenzivňuje bobtnání a řada chemických a enzymově katalyzovaných reakcí. Při styku s vodou při běžných teplotách výrobních prostor (cca mezi 20-30 °C) začíná nejrychleji bobtnat lepková bílkovina. Ta je schopna pevně vázat značné množství vody, a to až dvojnásobek vody na hmotnost bílkoviny. Tuto vodu si podrží, dokud nedojde k její denaturaci při teplotách nad cca 60 °C [11].

Pokud není porušeno škrobové zrno, škrob při běžných teplotách nebobtná. Zdravé zrno začíná bobtnat a mazovatět až při podstatně vyšších teplotách. Porušená zrna mohou bobtnat již při nízkých teplotách např. 20 °C [11].

Z počátku hnětení se voda dostává do kontaktu jen s povrchem moučného zrna a ke složkám mouky proniká jen pozvolna difuzí. Mechanickým mícháním těsta je však povrch částic otírán hnětadly, stěnami hnětačky, i navzájem mezi sebou. Hydratovaný povrch se tím odstraňuje a voda může pronikat k dalším vrstvám. Dalším mechanickým promícháváním se hydratovaná část spojuje ve spojitý gel. Viskozita gelu se postupně zvyšuje a v důsledku toho se současně zvyšuje odpor těsta vůči napínání. V důsledku prostorového propojování bílkovinné sítě rovněž roste pružnost těsta. Celé toto období až do dosažení maxima odporu těsta nazýváme vývinem těsta [12].

Při vývinu těsta hraje důležitou roli také vzduch, především jeho hlavní složky – dusík a kyslík. Dusík je při hnětení zamícháván do těsta tak, že vytváří mikropóry, které tvoří zárodek budoucí jemné porozity střídky výrobku. Tyto mikropóry jsou postupně zvětšovány kvasnými plyny, které vznikají v dalších fázích fermentačního procesu. Kvasinky nemohou samy vytvořit tak jemnou porozitu a bez vytvoření mikropórů hnětením by kvasné plyny vytvořily jen hrubou disperzi velkých bublinek plynu [11].

Optimální vyhnětení těsta se vysvětluje dosažením úplné hydratace všech složek bílkovin a škrobu, které mohou být hydratovány. Před optimem stále ještě mohou nedostatečně hydratované složky přijímat vodu. V optimu již ve struktuře těsta nezbývají žádné zbytky moučných zrn, které by nebyly propojeny ve spojitě struktuře těsta. Od docílení optima další vodu nepřijímají. Pokud pokračujeme v hnětení, viskozita těsta se snižuje a nastává tzv. přehnětení těsta, tj. mechanické namáhání těsta za maximum jeho konzistence, kdy již dochází ke zborcení struktury [11, 12].

Diskontinuální příprava těst

Za nejúčinnější hnětače pro diskontinuální přípravu těst se považují spirálové hnětače s hnětacím elementem ve tvaru spirály. Převážně se používají stojanové hnětače s tímto elementem ponořeným do otáčející se díže. Tyto hnětače umožňují nejdokonalejší dispergování přídatných látek dávkovaných v malém množství. Jejich hnětení je také nejintenzivnější ze všech stojanových hnětačů s jedním hnětadlem [11].

2.3 Zpracování těsta

Vyhnětená těsta se v dalším procesu zpracovávají v několika hlavních krocích. Hned od počátku probíhá kypření těsta. Mezitím je těsto mechanicky zpracováváno, tj. tvarováno, zmraženo, a po dokynutí pečeno. Po upečení je dále významný způsob chladnutí výrobků, neboť nevhodnou manipulací s nevychladlými výrobky je lze značně poškodit [11].

2.3.1 Zrání těsta

Fermentační proces alkoholického kvašení probíhá pozvolna a k dosažení jeho hlavního efektu, tj. nakypření těsta, je zapotřebí podstatně delšího času, než pro ostatní druhy nakypření [11]. Konečný produkt fermentace tvoří hlavně CO_2 , zčásti etanol (z 1000 kg mouky vzniká během procesu fermentace při zrání a kynutí cca 0,8 kg etanolu) a meziprodukty – acetaldehyd, příp. jiné aldehydy a organické kyseliny. V důsledku toho klesá pH těsta během zrání, čímž se zlepšuje bobtnání proteinů mouky, a tím i utváření struktury těsta a pečiva [11, 12, 14].

Pro správný průběh zrání a kynutí těsta je potřebná přiměřená aktivita amyláz, především α -amylázy. Příliš nízký obsah a aktivita α -amylázy vede k nedostatečné tvorbě zkvasitelných cukrů, a v důsledku toho k pomalému kynutí těsta a k malému objemu výrobku. Jeho střída je pak hutná a působí suchým dojmem. Příliš vysoká aktivita α -amylázy naopak urychluje hydrolyzu škrobu za vzniku dextrinů a nadměrného množství maltózy. Fermentační proces může v takovém těstě proběhnout zpočátku bouřlivě, ale kvasinky se brzy vyčerpají a v závěrečné fázi dokynutí a v peci již netvoří dostatek kypřicího plynu. Poškozený škrob rovněž není schopen vázat dostatek vody, a udržet tak vláčnost střídy hotového výrobku [11].

Vznikem meziproduktů, zvláště organických kyselin, dochází během zrání k poklesu pH těsta. Kromě zvyšování aktivní kyselosti se organické kyseliny podílí na tvorbě chuťových a aromaticky účinných látek při vzájemných reakcích s ostatními složkami těsta. K těmto reakcím pak dochází i dále při vyšších teplotách v peci [11].

Ve fázi zrání probíhá hydrolytické štěpení škrobu jen pozvolna. Neporušená škrobová zrna za normální teploty nebobtnají a jen pomalu se hydratují. Nejrychleji hydratována jsou zrna narušená (mechanicky nebo tepelně), která vytvářejí substrát pro působení amyláz a dalších enzymů [11].

Během zrání se uvnitř těsta vytváří prostředí s přebytkem CO_2 a nedostatkem kyslíku. Pro zpevnění těsta je pak důležité jeho přetučení, které ho opět provzdušní. Přetučením se také odstraní metabolické produkty kvasinek a zpřístupní kvasinkám zkvasitelný substrát nezbytný pro další metabolismus [11]. Množství rozpuštěného CO_2 ve vodě závisí na teplotě vody, kdy při nižších teplotách vody je rozpustnost větší. Jakmile je vodná fáze nasycena CO_2 , nemůže už CO_2 přecházet do těsta a začíná se zvyšovat objem těsta. Reakcí etanolu s lepkem dochází k mírnému změkčení lepku, čímž se usnadní kynutí těsta [15].

Při zrání se ještě vyrovnává rozložení vody ve vysokomolekulárních hydrokoloidech. Současně se v těstech kypřených droždím zvyšuje kyselost. To má vliv především na reologické vlastnosti bílkovin, které ještě intenzivněji bobtnají, což se projeví dalším mírným poklesem viskozity [11].

2.3.2 Dělení a tvarování těsta

Při dělení se těsto rozděluje na stejné díly o potřebných hmotnostech. Pro nastavení hmotnosti děleného těsta je nutné znát ztráty pečením (tzv. výpek) a odpařením po upečení výrobku až do konce doby jeho trvanlivosti [11].

S výjimkou přímého navažování těsta pro jeden výrobek se na všech děličkách dělí těsto objemově. Ve většině průmyslových pekáren se tak děje na kontinuálních děličkách. Nejpoužívanější kontinuální děličky jsou pístové, kdy na drobné pečivo jsou konstruovány jako víceřádkové, tzn., že zároveň rozdělí těsto na více dílů a ty také pokračují k dalšímu zpracování ve více řadách vedle sebe [11].

Pro složité tvary jemného pečiva se v průmyslových pekárnách používá plně automatizovaných linek, které umožňují rozsáhlý výběr mechanických operací s těstem a náplněmi – rozřezání plátů na čtvercové, obdélníkové, trojúhelníkové tvary, srolování závinů či nařezání pečiva rovnoběžnými řezy, které se při pečení rozevírají [12]. V případě zmrazovaných těst musí být tvarovací zařízení zkonstruováno tak, aby umožňovalo zpracovávat tuhá těsta [11].

2.3.3 Zmrazování těsta

O technologii zmrazování těst pojednává kapitola 1.

Zmrazování v proudu vzduchu

Výrobek je vystaven proudu ledového vzduchu o teplotě $-29\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Při původním postupu se zmrazované zabalené pekařské výrobky v kartonech umísťovaly do mrazicí komory. Hlavním nedostatkem tohoto způsobu bylo, že jednotlivé výrobky nebyly vystaveny působení mrazicího média rovnoměrně, takže ty uprostřed palety potřebovaly mnohem delší dobu ke zmrazení než výrobky na okrajích. Zvyšující se objemy zmrazované produkce si vyžádaly kontinuální postup. Nejprve se používaly víceřadé dopravníkové systémy různých konfigurací, později byly nahrazeny spirálovými dopravníky, které dnes představují standardní zařízení [11].

2.3.4 Rozmrazování těsta

Zmrazená těsta se skladují při teplotě $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ a nižší, při rozmrazování se umístí na plechy nebo vozíky, na kterých se výrobky rozmrazují při okolní teplotě, a to 30-60 minut. V boxových rozmrazovacích zařízeních se těsto rozmrazí při řízené teplotě dosahující $38\text{ }^{\circ}\text{C}$ v průměru za 15 minut [11].

Zmrazené pečivo má veškeré vlastnosti pečiva čerstvého. Nevýhodou je, že stárnutí rozmrazeného pečiva v některých případech probíhá až dvojnásobnou rychlostí. Zmrazená těsta pro domácí zpracování (listové apod.) mají velkou přednost v dlouhé skladovatelnosti, ale po rozmrazení je třeba je zpracovat téměř neprodleně, protože urychleně podléhají zkáze [11].

2.3.5 Dokynutí těsta a sázení těst do pece

Dokynutí znamená důležitou část procesu fermentace a podmínku regenerace struktury těsta po zmrazení. Obojí má vést k vytvoření výrobku o dostatečném objemu [11].

Při přetržité maloobjemové výrobě se dokynutí odehrává obvykle na plechách. Vytvarované výrobky jsou odsazovány ručně, nebo padají na pečící plechy, které jsou skládány nad sebou do vozíků. Naplněný vozík je pak převezen do skříně na kynutí s řízenou teplotou a relativní vlhkostí. Relativní vlhkost v kynárně by měla dosáhnout nejméně 70 %. Teplota v kynárně by se měla pohybovat mezi $26-28\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ta je jedním z rozhodujících parametrů, které předurčují objem a kvalitu pečiva [11].

Sázení dílů těsta z kynárny do pece je jednoduše vyřešeno u boxových kynáren a pecí, kde se pouze převezou celý vozík s plechy [11].

2.3.6 Pečení

Značnou část doby pečení probíhá ještě hydrolytická činnost amylolytických enzymů a fermentační činnost kvasinek. Cereální amylázy jsou inaktivovány až při teplotách kolem 70 °C, a zůstávají proto aktivní i nad teplotou denaturace bílkovin a po část doby, kdy probíhá mazovatění škrobu. Amylázy plísňového původu ztrácejí aktivitu přibližně při 60 °C a amylázy bakteriálního původu mají naopak nejvyšší teplotní odolnost [11].

Kvasinky odumírají při teplotách nad 50 °C, do této doby stále probíhá fermentační činnost, jejíž důsledkem je další tvorba CO₂ a etanolu. CO₂ je v těstě s dostatečně pevnou bílkovinnou strukturou zadržován v plynném stavu, malá část se ho rozpouští na kyselinu uhličitou. Etanol z výrobku úplně vytěká, a to při teplotě 67 °C. V mikromnožství vznikající meziprodukty fermentačních cyklů mohou reagovat za vzniku různých aromatických látek. Kromě produktů etanolového kvašení vznikají také některé další alkoholické a aldehydické produkty vlastního životního metabolismu kvasničných buněk (propanal, methylpropanal, propanol, methylpropanol, atd.) [11, 12].

Největší část látek, které jsou zejména aromaticky významné, vzniká při tepelných procesech v peci (acetaldehyd, acetal, methylglyoxal, kyselina mravenčí, furfural, 5-hydroxymethylfurfural, atd.). Během pečení probíhá prohřívání těstového kusu velmi pozvolna, a v jednotlivých částech výrobku jsou proto teploty velmi rozdílné. Zatímco na úplném povrchu výrobku se na konci vypékání pohybují až kolem 180 °C, teploty uprostřed středy nedosahují 100 °C, a někdy dosahují jen málo nad 90 °C [11, 12].

Při pečení probíhají tzv. Maillardovy reakce, kdy dochází k reakci aminokyselin a redukujících cukrů. Stejně jako karamelizace je tato reakce formou neenzymového hnědnutí. Při reakci se vytváří barevné látky především na povrchu těsta a také meziprodukty karamelizace, čímž se vytváří typická barva kůrky. Současně probíhá tvorba dalších polykondenzačních a jiných produktů, které dávají čerstvým výrobkům typickou chuť a aroma [12, 16].

Těsto v okamžiku sázení do pece je tvořeno třífázovou disperzí, kde spojitá fáze je tvořena nabobtnalým gelem bílkoviny. Jako pevná nespojitá fáze jsou za normální teploty pekárenského provozu v těstě dispergována škrobová zrna jen částečně nabobtnalá, ale dosud ne-

zmazovatělá. Konečně třetí fází jsou bublinky plynu, takže těsto má charakter polotuhé pěny [11].

Jemné pečivo se peče v zapařeném prostoru, z něhož se pára neodpouští. Pečící proces se sestává ze tří částí – zapékání, vlastní pečení a vypékání [11, 12]. Zapékání probíhá při nejvyšší teplotě (200-240 °C). Po určité době se teplota postupně snižuje a závěrečná část, tzv. vypékání, probíhá při teplotách obvykle kolem 200 °C [17].

V důsledku velkého teplotního rozdílu mezi teplotou pece a poměrně chladným povrchem těsta dochází zpočátku k částečné kondenzaci vody na jeho povrchu. Tím se umožňuje lepší prostup tepla do vrchní vrstvy a zároveň urychluje mazovatění škrobu v této povrchové vrstvě. Avšak brzy se začne vytvářet povrchová krusta, která tvoří základ budoucí kůrky. Pokud neprobíhá pečení pomalu při nízké teplotě, je kůrka jen tenká vrstva na povrchu, a pod ní si střídá zachovává charakter polotuhé pěny s velmi pomalým vstupem tepla. Vzhledem k určité spotřebě tepla na reakci mazovatění a rozpouštění škrobu se ani teplota pod povrchem výrobku nezvyšuje příliš prudce. Na druhé straně k rychlejšímu mazovatění povrchu přispívá i kondenzační teplo páry na výrobku [11, 12].

Rotační vozíkové pece

Rotační vozíkové pece patří pravděpodobně k nejrozšířenějším v menších pekárnách. Používají se i pro operativní pečení menších šarží ve velkých průmyslových pekárnách. Princip spočívá v konstrukci pece coby boxu s jednou otevíratelnou stěnou, aby do pece mohl zajet celý vozík naplněný v mnoha patrech plechy s těstovými kusy. Některé pekárny jsou vybaveny i obdobně konstruovanými boxy na kynutí, takže se od odsazení vytvarovaných výrobků na plechy již přejíždí jen s celým vozíkem. Po jeho zavezení do boxové pece se po celou dobu otáčí, čímž je zajištěno, že proudění páry a horkých plynů v peci nebude různé po jednotlivých stranách vozíku [11].

Pece mají výrobek páry, který pracuje na principu rozsřikování vody na horké ocelové kuličky. Pára s horkým vzduchem je vedena kolem vnitřní pečné skříně a rovnoměrně rozváděna do všech pater vnitřního prostoru pece. Stejně tak i horký vzduch v průběhu pečení, přičemž se vozík stále otáčí [11].

Kynutá listová těsta (plundrová)

Při výrobě plundrových těst se nejprve připraví základní kynuté těsto, které je poté několikrát provalováno určitým podílem tažného tuku, nejčastěji tažného margarínu [18]. Těsto by mělo být vyjmuto z hnětače při teplotě 18-24 °C (teplota nižší než u obvyklého těsta pro jemné pečivo). Obecně platí, čím je těsto chladnější, tím lépe se s ním manipuluje. Po hnětení se dá těsto na 15-20 minut odpočinout a poté se vyválí na výšku jednoho palce (2,54 cm). Na vyválené těsto se rozloží tuk, který se do těsta zabalí. Těsto se pak vyvaluje a překládá, po tomto procesu následuje tvarování [19]. Vytvarované výrobky z plundrového těsta se nechávají před pečením kynout. Teplota kynárny by neměla přesáhnout 30 °C, jinak totiž hrozí nasáknutí roztátého tažného tuku do vrstev kynutého těsta a tím ztráta vrstevnatosti střídy upečeného výrobku, která se navenek projeví menším objemem. Při pečení výrobků z plundrových těst se uplatňuje dvojí princip kypření, a to kypření biologické pomocí vzniklých kvasných plynů a kypření fyzikální způsobené tlakem vodní páry mezi jednotlivými vrstvami kynutého těsta [18].

3 SUROVINY PRO VÝROBU JEMNÉHO PEČIVA

Mezi základní pekařské suroviny pro výrobu plundrového jemného pečiva patří mouka, voda, droždí a sůl. Pomocnými surovinami jsou pak cukr a tuk [3].

3.1 Mouka

Moukou se rozumí mlýnský obilný výrobek získaný mletím obilí a tříděný podle velikosti částic, obsahu minerálních látek a druhu použitého obilí [8].

Mouka je univerzální surovina pro pekárenskou výrobu. Ve většině těst tvoří 60 i více % z jejich hmotnosti. Za základní lze považovat jen mouky pšeničné a žitné o různém obsahu popela (stupni vymletí). Průměrné složení pšeničné a žitné mouky uvádí tabulka (Tab. 3). Mouky z ostatních obilnin, luskovin nebo jiných plodin jsou považovány za přísady (mouka kukuřičná, sójová, ječná, bramborová aj.) [9].

Tab. 3 Průměrné složení pšeničné a žitné mouky [20]

Složky	Obsah jednotlivých složek v % sušiny	
	Mouka pšeničná	Mouka žitná
Škrob	75-79	69-81
Bílkoviny	10-12	8-10
Tuk	1,1-1,9	0,7-1,4
Zkvasitelné cukry	2-5	5-8
Vláknina	0,1-1,0	0,1-0,9
Slizy	2,5-3,4	3,5-5,2
Popeloviny	0,4-1,7	0,5-1,7

Zastoupení hlavních složek, uvedených výše v tabulce, se mění podle stupně vymletí mouky.

Mouku je důležité pečlivě analyzovat, aby se zjistilo, zda vyhovuje ČSN a požadované pekařské jakosti. Do kategorie pekařské jakosti se řadí schopnost tvorby plynů (CO₂), tzv. „sílu“ mouky (schopnost zadržení kvasných plynů), barvu mouky a schopnost k tmavnutí [3].

Plynotvorná schopnost je závislá na tzv. cukrotvorné schopnosti, která je podmíněna činností α - a β -amylázy a množstvím cukrů. Zdravé pšeničné zrn obsahuje zpravidla dostatek β -amylázy, proto cukrotvorná schopnost závisí na stavu škrobových zrn (mechanickém porušení). Nízká plynotvorná schopnost se projevuje malým objemem, světlým zbarvením kůrky a horší pórovitostí [3, 13, 21].

Sílu mouky určuje schopnost zadržet kvasné plyny [13]. Kvasné plyny vytváří bublinky, které jsou uzavřeny blankami z lepku. Pokud jsou blanky dostatečně pevné, může dojít k vytvoření dosti velké bublinky, která si udrží svůj tvar. Těsto tak hodně vykyne a nerozplyne se do šířky. Síla mouky závisí na množství a jakosti bílkovin. Těsně s tím souvisí rovněž aktivita proteolytických enzymů (většinou v moukách nadbytek) a obsah aktivátorů proteolýzy. Sílu mouky charakterizuje obsah bílkovin, obsah lepku a určení jeho vlastností, nejpřesněji pak zjištění fyzikálních vlastností těsta (např. farinografem) [3, 11].

Pšeničné bílkoviny (gliadiny a gluteniny) bobtnají pouze omezeně a za současného vložení mechanické energie na hnětení za přítomnosti vzdušného kyslíku tvoří pevný gel, který se nazývá lepek. Vzhledem k tomu, že pšeničná mouka je ve své podstatě rozdrcený endosperm, při hnětení pšeničné mouky s vodou dochází právě ke vzniku lepku a ten tvoří vlastní „kostru“ těsta. Lepek je příčinou jedinečných vlastností pšeničného těsta, jeho tažnosti a pružnosti. Těsto žitné, jehož kostrou není bílkovinný gel, ale je tvořeno převážně na bázi polysacharidů, tyto vlastnosti nemá [22].

Schopnost mouky k tmavnutí střídky se přisuzuje činnosti enzymu tyrozinázy, která oxiduje volný tyrozin na tmavě zbarvené produkty [3]. Barva mouky pak závisí na barvě pšenice, která může být od světle žluté až do oranžové až načervenalé. Sama barva mouky může poukazovat svým naředěným odstínem na tzv. zadní mouku s vyšším podílem poškozeného škrobu a horší pekařskou zpracovatelností [11].

Důležitým znakem mouky je také granulace, která ze znaků normovaných v ČSN jediná může podstatně ovlivnit pekařskou jakost (jemnější granulace způsobuje větší vaznost, rychlejší hydrataci bílkovin, vyšší cukrotvornou schopnost atd.). Silnější mouky mohou mít jemnější granulaci, naopak slabší mouky granulaci hrubší [3].

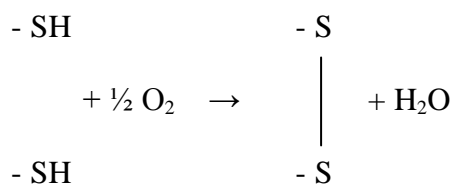
Pro pšeničnou mouku jsou doporučeny následující kvalitativní ukazatele: pádové číslo – optimální hodnota je 250 s, akceptovatelné rozmezí je 220-350 s; obsah mokrého lepku

okolo 30 %; Gluten index v rozmezí 75-85; amylografické maximum 400-800 AJ; farinografická vaznost 52-58 %, stabilita těsta 2-4 min, pokles konzistence max. 110 FJ [23].

3.1.1 Lepek

Pšeničný lepek je pružný gel. Z těsta jej lze jednoduše izolovat vypíráním proudem vody, přičemž se postupně vyplavují látky rozpustné ve vodě a škrob a po určité době zůstává substance, kterou nazýváme „mokrý lepek“. Ten lze poté zbavit přebytečné vody odstředěním či vymačkáním. V nativním zrně ani v mouce ještě ve skutečnosti lepek neexistuje a vytváří se až po propojení prostorové sítě pšeničné bílkoviny. Charakteristické vlastnosti lepku jsou pak tažnost, pružnost a schopnost bobtnat ve zředěném roztoku kyseliny mléčné. Míra těchto jeho vlastností předurčuje do jisté míry vlastnosti těsta. Z ostatních obilovin podobný gel vyprat nelze [11, 12, 22].

Lepek vytváří trojrozměrnou síť peptidových řetězců, různým způsobem zřasených a propojených navzájem různými můstky a vazbami, kde určitý význam má i vrstvička lipidů. Rozdíly v uspořádání této struktury se pak považují za příčiny různých vlastností lepku. Největší pozornost je věnována oxidačně-redukčnímu systému thiol/disulfid, kdy se při oxidaci tvoří můstky. Reakce je znázorněna na obrázku (Obr. 3.) [9].



Obr. 3 Oxidace thiolů [2]

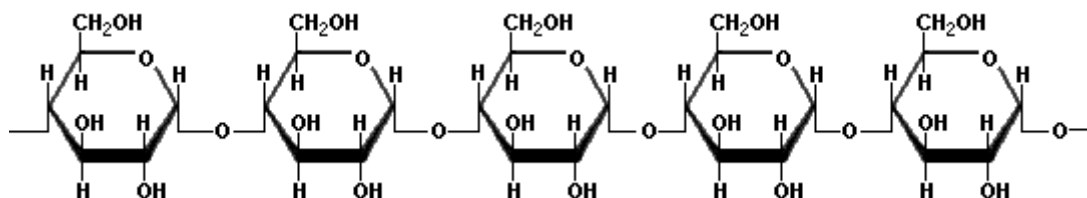
Tvorba můstků zesiluje lepek, protože tím se omezuje relativní pohyblivost peptidových řetězců. Reakce je reverzibilní – redukční činidla můstky štěpí, a tím lepek zeslabují, stává se tažnější. Zesilující vliv oxidace thiolových skupin na strukturu těsta není však zdaleka jednoznačný. Patrně bude rozhodující rovnováha mezi SH a S-S skupinami [9].

Vypraný lepek se skládá průměrně z 90 % proteinů, 8 % lipidů a 2 % sacharidů v sušině. Průmyslově získávaný tzv. vitální lepek vykazuje ovšem ještě podstatně větší rozpětí obsahu složek. Za klíčovou složku jsou považovány proteiny dvou frakcí – gliadinů a gluteninů. Jsou zde zastoupeny ve vzájemném poměru přibližně 2:3. Pšeničné gliadiny poskytují lepku tažnost. Jedná se o frakci tvořenou přibližně 40 proteiny o poměrně nízké molekulové hmotnosti (20 000-50 000). Pšeničné gluteniny jsou naopak vysokomolekulární frakcí a

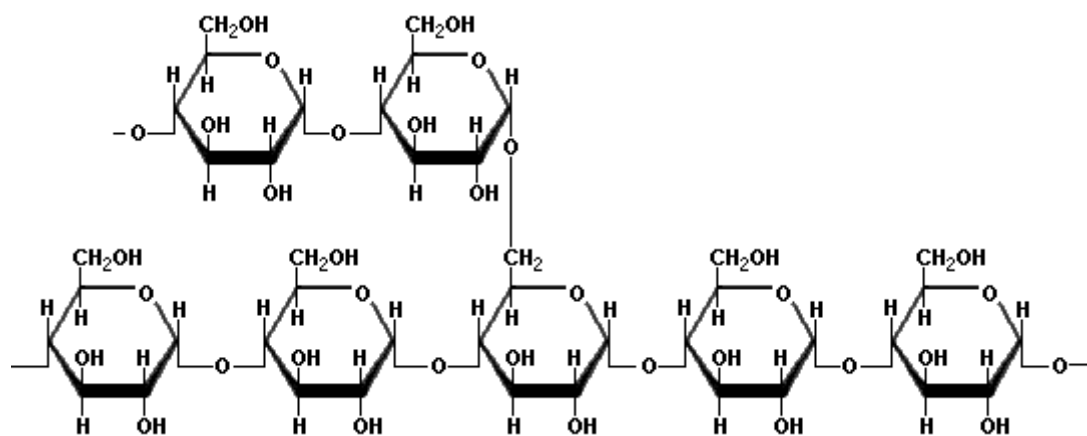
poskytují lepku pružnost. Gluteniny vytvářejí ve struktuře lepku nadmolekulární vláknité struktury, supermolekuly, o relativní molekulové hmotnosti řádově 10^3 až 3 miliony [11, 12, 22]

3.1.2 Škrob

Hlavní složkou jakékoliv mouky je škrob, jeho obsah tvoří přibližně 80 % [24]. Škrobová zrna v mouce mají zploštělý, téměř kulovitý tvar, někdy popisovaný jako čočkovitý. Dosahují velikosti od asi 10 do 50 μm [25]. Škrob je polysacharid, který je tvořen ze dvou základních jednotek – amylozy a amylopektinu, jejichž struktury znázorňují obrázky (Obr. 4 a Obr. 5). Tyto frakce se liší svou strukturou a vlastnostmi. Obě jsou tvořeny molekulami glukózy, ale liší se v jejich vzájemné vazbě. Amylózu tvoří glukózové jednotky spojené pouze vazbou α -1,4 s prostorovým uspořádáním do šroubovice (helixu) a její relativní molekulová hmotnost je přibližně 106-107. Amylopektin se skládá z glukózových jednotek spojených vazbami α -1,4 a α -1,6. Druhý typ vazby molekulu amylopektinu v prostoru rozvětjuje a jeho relativní molekulová hmotnost je cca 107-108. Obě základní jednotky se ve škrobu vyskytují v různých poměrech podle svého původu [11, 12, 24, 26].



Obr. 4 Amylóza [27]



Obr. 5 Amylopektin [27]

Škrob má tři velmi významné vlastnosti, kterých se v pekárenském průmyslu využívá – schopnost bobtnání, mazovatění a retrogradace škrobu. Retrogradace škrobu je chemicko-fyzikální děj, který se odehrává v již upečeném výrobku, kdy dochází k navracení škrobových jednotek do původní struktury, částečnému uvolnění vody a ztráty pružnosti gelu, což způsobuje krátkou dobu trvanlivosti pekařských výrobků [24].

3.2 Voda

Pitnou vodou je veškerá voda v původním stavu nebo po úpravě, která je určena k pití, vaření, přípravě jídel a nápojů, voda používaná v potravinářství, voda, která je určena k péči o tělo, k čištění předmětů, které svým určením přicházejí do styku s potravinami nebo lidským tělem, a k dalším účelům lidské spotřeby, a to bez ohledu na její původ, skupenství a způsob jejího dodávání [28].

V potravinářském průmyslu se používá pro pekárenskou výrobu pouze voda pitná a zdravotně nezávadná [9]. Pitná voda nesmí obsahovat choroboplodné bakterie, jejichž přítomnost je indikována nálezem koliformních bakterií, ty poukazují na znečištění vody výkalovými látkami přes půdní vrstvy a znečištěními z povrchu půdy [29].

Kvalitu vody lze posuzovat podle její tvrdosti, což představuje obsah rozpuštěných vápenatých a hořečnatých složek. Za určitých podmínek jsou při varu příčinou značných inkrustací na topném povrchu. Při mimořádné tvrdosti vody se doporučuje zvýšení dávky droždí, nebo snížení dávky droždí a přidavek sladové moučky. Dále vodu charakterizuje její kyselost nebo alkalita. Tento ukazatel může mít vliv i na vedení těst zejména kynutých droždím. Vliv tvrdosti a kyselosti vody na vedení fermentace těsta je uveden v příloze (Příloha P I) [9, 11].

Měkká voda způsobuje volnější a lepkavé těsto, které vykazuje sníženou vaznost vody. Pokud je pH vody nižší, zrychluje se průběh zrání. Objem pečiva je větší, ale vybarvení chudší. Tvrdá voda zpomaluje fermentaci v těstě a příliš ztužuje lepek. Alkalická voda (pH nad 8) zpomaluje fermentaci, a pokud není prodlouženo zrání, dává menší objem pečiva, ale s dobrou barvou a strukturou střídy [9, 11].

Voda používaná do pekařských těst má být středně tvrdá (120-180 ppm vápenatých a hořečnatých iontů). K výrobě páry má být voda co nejměkčí, aby přítomné soli nezanášely potrubí a trysky napařovacího zařízení [9].

3.3 Droždí

Droždím se rozumí kvasinky *Saccharomyces cerevisiae* Hansen, rasy drožd'árenské, získané biochemickým postupem množení čistých kvasničných kultur vypěstovaných na cukerných substrátech obohacených živinami, stimulanty a pomocnými látkami [30].

Většina pečárenských výrobků se vyrábí z kynutých těst. Kypření těchto těst je biologické – droždím, tj. prakticky čistou kulturou kvasinek *Saccharomyces cerevisiae* Hansen. Biologické kypření je způsobeno etanolovým kvašením – anaerobním dýcháním kvasinek. Průběh vyjadřuje následující rovnice:



V pečárenské technologii se mohou využívat i některé jiné druhy kvasinek, protože mají některé vlastnosti odlišné, a proto jsou pro specifické technologické účely vhodnější. Např. *Saccharomyces rosei* se využívá pro mrazená těsta (odolnost proti zmrazování) a osmotolerantní *Saccharomyces rouxii* pro těsta s vysokým obsahem cukru [11].

Fermentací vznikají v těstě vedle etanolu a oxidu uhličitý další metabolity, především aldehydy, ketony, alkoholy a jiné karbonylové sloučeniny, které významnou měrou přispívají k vůni a chuti pečiva. Za vedlejší funkci droždí lze považovat jeho příspěvek k nutriční hodnotě pečárenských výrobků, to se týká především obsahu bílkovin a vitaminů [11, 12].

Nejlépe vyhovuje kvasinkám řídké prostředí, tj. těsto o vysoké výtěžnosti – kolem 240-300, a teplota okolo 30 °C. Kvasinky rovněž potřebují dostatek kvasného substrátu, tj. zkvasitelného cukru, a dusíkaté i minerální živiny. Dlouhodobým kvašením se v okolí kvasinek hromadí metabolity v takové koncentraci, až jsou pro kvasinky toxické. Proto je důležité přetuzování těsta v určitých intervalech, kdy je část kvasných plynů vypuzena a nahrazena kyslíkem, tím dojde k homogenizaci těsta a oživení kvasinek [2].

Pro kvasinky je nepříznivý vysoký osmotický tlak, který způsobuje v těstě cukr a sůl. Proto je vhodné předem aktivovat droždí v řídkém kvasném stupni vytvořeném z části recepturní mouky, z vody a z enzymového přípravku. Kvasinky vypěstované na sacharóze se v tomto prostředí lépe adaptují na zkvašování maltózy. Po vyzrání kvasného stupně lze přidávat ostatní přísady (cukr, sůl, tuk aj.) včetně vody a zbytku mouky a těsto se nechá opět zrát. Takový způsob vedení se nazývá nepřímé vedení těsta. Je poměrně pracné a časově náročné, ale lze očekávat větší objem výrobků, vyšší výtěžnost a vláčnost, protože vlivem dlou-

hého prokvašení dochází k hlubší hydrolyze škrobu i bílkovin a k intenzivnějšímu vázání vody. Další možné vedení těsta je bez kvasného stupně tzv. přímým vedením, kdy se smíchají všechny suroviny přímo na těsto. Dle starší pekařské terminologie se tento způsob označuje také jako vedení těsta na záraz [2].

V našich recepturách jsou uvedeny dávky lisovaného droždí, použije-li se instantní sušené droždí, dávkuje se přibližně 1/3 uvedené hodnoty. Rozdíl v sušině obou droždí je nutné kompenzovat vyšším přidavkem vody do těsta. Instantní sušené droždí má větší fermentační účinky než aktivní sušené droždí [9]. Při výrobě syrových zmrazených těst je vhodné dávkování droždí zvýšit o 35-65 % oproti běžným recepturám [11].

3.3.1 Vhodné druhy droždí pro zmrazování syrových a předkynutých těst

1. Čerstvé lisované droždí (30 % sušiny)

Lze jej používat pro zmrazované výrobky s požadovanou dobou skladování 2-4 týdny. Lisované droždí je velice citlivé na zmrazování a rozmrazování, při kterém dochází k poškození kvasničných buněk. Vedle praskání buněk, způsobeného krystalky ledu, jsou buňky poškozovány alkoholem produkovaným při fermentaci, což má za následek zeslabování těsta a malý objem finálních výrobků. Droždí je třeba udržovat v inaktivním stavu (tj. při nižší teplotě), aby se poškození buněk minimalizovalo. Proto je žádoucí udržovat nízkou teplotu těsta a zmrazení provést co nejrychleji [11].

2. Polosuché droždí pro zmrazená těsta (75 % sušiny)

Používá se pro výrobky určené k delšímu skladování (4-6 měsíců). Při zmrazování nedochází k tvorbě ledových krystalků (nízký obsah vody – 25 %), a tím se minimalizuje možnost roztržení kvasničných buněk. Vyrábí se fluidním sušením, při kterém se odstraní z droždí pouze volná voda. Dále následuje zmrazení a balení. Zmrazené droždí je sice dražší než droždí lisované, ale vyšší cenu kompenzuje delší životnost výrobku [11].

3. Sušené droždí (95-96 % sušiny)

Pro vysoký obsah sušiny umožňuje sice dlouhodobější skladování, ale způsobuje zeslabení buněčných stěn. Z tohoto důvodu není vždy vhodné [11].

3.4 Sůl

Jedlá sůl je definována jako krystalický produkt obsahující nejméně 97 % chloridu sodného v sušině, obohacený případně potravním doplňkem [31].

Pro sůl v potravinářství je povolen přídavek jodu v podobě jodidu draselného v množství 25 mg.kg^{-1} s tolerancí pohybující se v rozmezí 15-35 % mg.kg^{-1} [24].

Sůl nechybí v žádné receptuře pro kynuté výrobky, a to i sladké. Používá se nejen jako chuťová přísada (v množství 1-2 % na hmotnost mouky), ale i jako regulátor důležitých technologických procesů. Sůl má vliv na reologické vlastnosti těsta, ztužuje konzistenci lepkové bílkoviny, ale současně snižuje vaznost mouky. Zároveň se prodlužuje doba vývinu těsta. Činí těsto tužší. Brzdí veškeré enzymatické a tedy i kvasné procesy. Přídavkem soli se snižuje aktivita kvasinek, což se projeví snížením produkce CO_2 , a tudíž pomalejším průběhem zrání. Proto se nepřidává do kvasných předstupňů, kde se vyžaduje intenzivní kvašení, ale až do těsta [9, 24].

Sůl taktéž podporuje přiměřené zbarvení kůrky během pečení. Nesolené těsto snadno překyne a roztéká se, přesolené naopak špatně kyne a vytváří malé výrobky se špatnou pórovitostí. Zvýšené množství soli (do 3 %) je vhodné při zpracování porostlých mouk [9]. Do těsta se používá ve formě jemné soli nebo nasyceného roztoku (solanky), který má koncentraci při běžné teplotě okolo 26-29 %. Na posyp a dekoraci se používá sůl hrubší, která má relativně menší povrch granulí než sůl jemná a proto pomaleji vlhne na výrobku [24].

3.5 Cukr

Cukrem se rozumí vyčištěná krystalizovaná sacharóza upravená zejména do krystalů, moučky, kostek, homolů, popřípadě doplněná přídatnými látkami, látkami určenými k aromatizaci nebo kořením [32].

Kromě cukru bílého je pro výrobní spotřebu nabízen i cukr v různém stupni vyčištění, který neprošel celou rafinací a má barvu v různé míře žlutohnědou. Z ekonomických důvodů se někdy dodávají a zpracovávají cukerné sirupy [9].

Přídavek sacharózy slouží jako zdroj zkvasitelných cukrů pro kvasinky. Sacharosa sama není zkvasitelná, ale působením invertázy může být hydrolyzována na fruktózu a glukózu, které jsou zkvašovány. Dále sacharóza slouží jako chuťová složka. Sladké chuti lze dosáh-

nout i přidavkem jiných cukrů, ale sladivý efekt není u všech stejný. Relativní sladivosti nejznámějších cukrů podle jejich sensorického efektu udává tabulka (Tab. 4.) [11].

Tab. 4 *Relativní sladivosti nejznámějších cukrů* [11]

Cukr	Sladivost
Sacharóza	1,00
Maltóza	0,45
Laktóza	0,40
Glukóza	0,7-0,8
Fruktóza	1,4-1,6

Do běžného pečiva se cukr dodává v malém množství (1-1,5 % na hmotnost mouky) a má význam jako kvasný substrát (zdroj zkvasitelných cukrů pro kvasinky). Funkci sladidla plní v jemném pečivu, kdy se dává v množství 13-15 %. Tato koncentrace výrazně zvyšuje osmotický tlak v těstě, proto je nutné přidat dávku droždí na 5-9 % (dle receptury) [2, 9].

Mírný přídavek cukru nemá vliv na reologické vlastnosti těst. Vysoká koncentrace cukru snižuje schopnost mouky vázat koloidně vodu, proto je nutné u výroby jemného pečiva počítat se sníženou vazností mouky. Vysoké dávky sacharózy brzdí kvašení (snižují aktivitu kvasinek vlivem vysokého osmotického tlaku cukerného roztoku na buněčnou blánu kvasinek, čímž způsobují jejich dehydrataci). V neposlední řadě cukr zjemňuje pórovitost střídy a způsobuje rychlejší hnědnutí kůrky – karamelizací a Maillardovou reakcí [2, 9]. Pokud se nedodrží správné množství cukru v poměru k ostatním potravinám, je těsto těžké, cukr se nedsnadno rozpouští, snižuje bobtnavost lepku, mazovatění škrobu, ale i uvolňování oxidu uhličitého. Zvýšením dávky cukru též těsto řídne, pečivo je měkké a během pečení nebo těsně po upečení klesne [33].

3.6 Tuk

Jedlým tukem a olejem je směs smíšených triacylglycerolů, které se v závislosti na poměrném zastoupení mastných kyselin v triacylglycerolu vyskytují za normálních podmínek v tekutém nebo tuhém stavu [34].

Pokrmovým tukem se rozumí jedlý tuk, který prošel procesem ztužování nebo přeesterifikace, nebo kombinací těchto procesů, nebo směsí ztužených tuků a jedlých tuků a olejů, nebo směsí jedlých rostlinných a živočišných olejů a tuků [34].

Tuk i v malých dávkách způsobuje rychlejší vývin těsta, tím snižuje spotřebu energie při hnětení. Pokud je tuk s vodou v těstě dokonale homogenizován, zvětšuje se pórovitost a objem výrobku vlivem zpomalování vypařování vody z těsta při pečení a dále se prodlužuje vláčnost a trvanlivost výrobku, protože se zpomaluje vypařování vody ze střídy. Nevýhodou je vysoká energetická hodnota [2, 9].

Do běžného pečiva se tuku dává méně – kolem 3 % (maximálně 9 % do máslového rohlíku), proto běžné pečivo rychleji vysychá. Podstatně delší trvanlivost má pečivo jemné s obsahem tuku 10 % a více. Větší dávky tuku snižují vaznost mouky a zhoršují podmínky pro kvašení, proto se musí kombinovat s vyššími dávkami droždí [2].

Při výrobě pšeničného pečiva se používají různé druhy tuků, které se liší svými technologickými, chuťovými a nutričními vlastnostmi. Mezi tyto tuky se řadí stolní margarín, tekutý pekařský tuk, máslo, sádlo, olej a tažný margarín [2].

Listové a plundrové jemné pečivo a cukrářské výrobky potřebují pro své dobré listování speciální tažné margaríny s výbornou plasticitou a schopností vyválení do velmi tenké vrstvy. Jejich kvalita zaručuje minimálně 50 % úspěchu laminování výrobku. Tyto margaríny díky své schopnosti zadržovat vodní páru slouží k mechanickému kypření těsta. V laminovaném těstě dochází k fyzikálnímu nakypření výrobku tím, jak tuková vrstva zadrží vodu uvolněnou při pečení z vodánku [35, 36].

4 ADITIVA PŘIDÁVANÁ DO TĚST

Potravinářské aditivní látky, potravinová aditiva či také přídatné látky jsou takové sloučeniny nebo jejich směsi, které se k potravině záměrně přidávají při výrobě, zpracování, skladování nebo balení za účelem zvýšení její kvality (prodloužení údržnosti, zlepšení vůně, chuti, barvy, textury, výživové hodnoty, technologických vlastností aj.). Mohou být i přirozenou součástí potraviny. Jako potravina se nepoužívají samostatně, mohou i nemusí mít určitou výživovou hodnotu [37, 38].

Přítomnost přídatných látek musí být uvedena na obalu (v sestupném pořadí podle klesajícího množství) názvem nebo číslem (kódem E systému Evropské unie), v některých případech s údaji o možnosti nepříznivého ovlivnění zdraví člověka [37].

V současné technologii se používá celá řada zlepšovacích přísad jako oxidantů, emulgátorů, enzymů, látek vážících vodu (přírodní hydrokoloidy a modifikované škroby), ochucovacích a aromatizujících látek (anýz, fenykl a kmín), barvicích látek (cikorka, karamel). Tyto látky se většinou kombinují do připravených zlepšovacích směsí pro jednotlivé druhy výrobků. Pro speciální druhy pečiva se rovněž používají různé druhy semen (lněné, semínko, mák, slunečnice, různé druhy ořechů). Do jemného pečiva se přidávají jádroviny, kakao, konzervované ovoce a zavařeniny [9].

Pekařské zlepšovací prostředky mohou ve vhodných dávkách a kombinacích přispět ke standardizaci mouky. Dále se uplatňují při prodlužování čerstvosti výrobků, zvětšování jejich objemu, zlepšování chutě a barvy, zkracování doby přípravy těst, zvyšování vaznosti mouk aj. Každý nový přípravek musí být schválen zdravotnickými orgány příslušného státu [2].

4.1 Požadavky na zlepšující přípravky

Požadavky na zlepšující přípravky vycházejí z filozofie:

1. Zajištění každodenní stejné kvality pečiva
2. Vyrovnání výkyvů v kvalitě surovin – kompenzace rozdílů mezi slabší a silnější moukou
3. Jednoduché a spolehlivé použití – jednoduché dávkování, např. 1 % na hmotnost mouky

4. Možnost redukce surovin v receptuře a tím zmenšení chyby při navažování
5. Tolerance k receptuře – schopnost vyrovnávat nepřesnosti v dávkování surovin
6. Vylepšení vlastností těsta při zpracování – mísení těst suchých, nelepivých, s vysokou elasticitou a tažností těsta (důležité pro linky)
7. Uplatnění moderní techniky a nových technologií při zpracování těst (zpomalení nebo prodloužení kynutí, zmrazování, předpékání)
8. Vylepšování hodnoty a chuti pečiva – prodlužování trvanlivosti, čerstvosti, pevnosti na řezu, stability a pórovitosti střídy, aroma, vzhledu, barvy, výživné hodnoty
9. Zvyšování vaznosti a výtěžnosti těsta – vyšší vláčnost, trvanlivost i ekonomika výroby
10. Zjednodušení technologie a usnadnění práce – snížení odborných nároků na zaměstnance [39]

4.2 Volba vhodného přípravku

Výběr vhodného přípravku závisí především na:

- použitých surovinách (druh, typ mouky, tuk, cukr, aj.)
- receptuře (procentuální zastoupení surovin v receptuře)
- zvolené technologii (kvasné stupně, záraz, chlazení, mrazení, aj.)
- strojně-technologickém vybavení (intenzita hnětení, tradiční provoz, aj.) [39]

Základem pro výběr a užití vhodného zlepšujícího přípravku je znalost parametrů mouky. Kromě ceny je důležité zejména pádové číslo (enzymatická aktivita), zmazovatění škrobu (tvoří až 80 % sušiny mouky), množství a kvalita lepku (gluten index), dále amylografické a farinografické hodnoty. Charakteristiky těsta odpovídající hodnotě pádového čísla uvádí tabulka (Tab. 5.), charakteristiky těsta závislé na množství mokrého lepku pak v tabulce (Tab. 6.). Amylografické stanovení nám ukazuje, jak se moučná suspenze chová při zahřívání. Získaná maximální hodnota viskozity a teplota, při které je tohoto maxima dosaženo, charakterizují amylázovou aktivitu a schopnost suspenze vytvářet gel. Pomocí farinografu se měří změny konzistence těsta během jeho tvorby a dalšího mechanického zpracování v určitém časovém úseku. Tím lze určit schopnost mouky vázat vodu a změny reologických

vlastností těsta během hnětení. To vše ovlivňuje, zda používat zlepšující přípravky s převahou sladové mouky, popř. s jakými typy enzymů, jaké emulgátory aj. [23, 40].

Tab. 5 Pádové číslo [40]

Hodnota pádového čísla	Charakteristika
< 200 s	Vysoká aktivita enzymů, těsta rychle zrají, lepí, jsou mazlavé, pečivo rychle stárne. Doporučuje se zkrátit kynutí (na 2/3), prodloužit pečení.
200-300 s	Aktivita amylázy, kypré těsto, dobře zpracovatelné, dobrá energie kynutí.
> 200 s	Přidávat sladové přípravky. Nízká aktivita enzymů, nízké pečivo, drobná střída.

Tab. 6 Mokrý lepek [40]

Množství mokrého lepku	Charakteristika
28 % (sedimentační hodnota < 33)	Snížená schopnost zadržovat plyny, nízká tolerance kynutí, těsta jsou lepivá, špatně zpracovatelná, pečivo nízké.
28-32 % (sedimentační hodnota 33-45)	Optimální množství, dobrá tolerance těsta ke kynutí, normální vývin těsta.
> 32 % (sedimentační hodnota > 45)	Vhodné pro dlouhé, studené vedení. Doporučuje se prodloužit míchání, kynutí, používat přípravky, které uvolňují napětí těsta.

Konzistence přípravku (sypká, tekutá, pastovitá) se volí podle strojně-technologických možností provozovny a vyráběného sortimentu. Nejrozšířenější zlepšující přípravky jsou v sypkém stavu. Používají se téměř do všech těst a dávkují se hmotnostně jak ručně, tak strojově. Velmi často se používají i tekuté přípravky, dávkují se ručně hmotnostně, objemově nebo čerpadly. Vysoká agresivita obsažených kyselin způsobuje rychlou korozi strojního

zařízení. Některé přídatné látky se vyskytují pouze v tekutém skupenství, proto je lze přidávat jen v tekutých či pastovitých přípravcích [39].

4.3 Rozdělení zlepšujících přípravků a v nich účinných přísad

Dělení přípravků podle dávkovaného množství (většinou na hmotnost mouky):

1. Zlepšující přípravky (0,1-10 %, většinou 1 %)

Obsahují jako nosič mouku a v ní jsou rovnoměrně rozptýleny mikrokomponenty, účinné látky (kyselina askorbová, enzymy), emulgátory, další procentuální zastoupení může mít sladová moučka, sušené mléko, sušená vejce, cukr [39].

2. Pekařské směsi (10-66 %)

Obsahují vše jako zlepšující přípravky, ale podle přání i nabídky se přidávají další nebo veškeré komponenty včetně instantního tuku a droždí. Těsta připravovaná tímto způsobem se vyrábějí pouze na záraz. Ke směsím 25 %, 30 %, 50 % se přidává pouze zbylá část mouky, tuk a voda. Směsi snižují riziko chybného navážení surovin na minimum, obsahují aditiva podílející se příznivě na vzhledu, tvaru, barvě, chuti, vůni i objemu výrobku. Při mísení se může v krajním případě dodat pouze mouka a voda. V procentuálním zastoupení směsi se odráží i finální cena výrobku [39].

3. Hotové komplexní 100% směsi

Získávají si stále větší oblibu pro jednoduché dávkování, výrobu a zajištěný výsledek. Ke směsi se přidává pouze voda. Používají se především na výrobu koblih, cereálního pečiva, litých výrobků, šlehaných hmot, apod. [39].

Základní účinné přísady ve zlepšujících přípravcích lze rozdělit na:

1. Enzymy
2. Emulgátory
3. Oxidační a redukční látky
4. Hydrokoloidy
5. Fortifikanty
6. Konzervanty [39]

4.4 Aditiva vhodná do zmrazených těst

Z přídatných látek jsou ke zmrazování těst vhodné především emulgátory, pomalu působící oxidační látky a hydrokoloidy [11].

Emulgátory:

- **Stearoyllaktylát sodný (SSL)**

Doporučená dávka tohoto emulgátoru je asi 0,5 % na množství mouky [11]. SSL způsobuje vyšší objem a měkkost pečiva na rozdíl u výrobků bez tohoto emulgátoru, ale ve srovnání s DATA estery a kyselinou askorbovou je objem výrobků u přídatku SSL nižší [4].

- **Ester monoacylglycerolu s kyselinou diacetylvinnou (tzv. DATA estery)**

Doporučený přídatek DATA esterů je až 1,0 % [11]. Přídatek DATA esterů do zmrazených těst způsobuje nižší pevnost střídky pečiva. Tato funkce je úzce spjata s jejich interakcí se škrobem, a to zejména s lineárními molekulami amylázy, ale také s amylopektinem. Vytvoření těchto komplexů snižuje tvrdnutí chleba tím, že zabraňuje retrogradaci škrobu [4]. Přídatek DATA esterů dále způsobuje větší objem pečiva v porovnání s pečivem bez něj [41]. Zlepšení se odráží v zachování lepkové struktury, jež je pravděpodobně způsobeno stabilizujícími účinky vzniklými interakcí DATA esterů s lepkovými bílkovinami. Vzniklý gluten-DATA-gliadin komplex zlepšuje stabilitu dvojvrstvy [4].

- **Estery sacharózy**

Mastné kyseliny esterů sacharózy působí především na molekuly amylózy, jež tvoří komplexy s helikálními molekulami amylózy během želatinace. Tyto komplexy pak inhibují retrogradaci škrobu, výsledkem je upečený výrobek s delší dobou trvanlivosti. Senzorickou analýzou byly výrobky s přídatkem esterů sacharózy hodnoceny jako mnohem více podobné obvyklému výrobku než výrobky obsahující běžné změkčovače. Z ekonomického hlediska jsou však estery sacharózy dražší než obvyklé změkčovače [4].

Oxidační prostředky:

- **Kyselina askorbová**

Doporučené množství tohoto aditiva je asi o 50 % vyšší než u normálních těst [11], protože vlivem mražení dochází ke snížení pevnosti lepku díky oslabeným sulfidovým můstkům,

kteřé jsou nezbytné ke stabilizaci lepkové sítě. Přídavek kyseliny askorbové zvyšuje objem těsta vlivem zasílení lepkové sítě vytvořením disulfidových vazeb [4].

Hydrokoloidy:

- **Xanthanová guma**

Přídavek xanthanové gumy do zmazených těst posiluje těsto. Dále zvyšuje absorpci vody a schopnost těsta udžet plyn. Také zvyšuje objem pečiva, ale pouze při nízkých koncentracích xanthanové gumy (0,16 % na hmotnost mouky), protože zvýšená koncentrace ve srovnání s kontrolním vzorkem snižuje objem výrobků [4].

- **Guarová guma**

Pečivo vyrobené z mrazeného těsta s guarovou gumou (0,65 % na hmotnost mouky) vykazuje vyšší objem a větší pórovitost než výrobky bez guarové gumy [4].

- **Arabská guma**

Přídavek arabské gumy do zmrazeného těsta způsobuje vyšší objem pečiva. Dále zlepšuje vzhled pečiva a jeho vnitřní vlastnosti – textura, zrnitost, barva a jemnost. Z reologických vlastností snižuje přídavek arabské gumy pevnost pečiva [4].

Srovnání účinků hydrokoloidů:

1. Xanthanová guma

- Lepší zachování struktury lepku [42],
- Zvýšení aktivity vody ve střídě [43],
- Zvýšení specifického objemu pečiva [43],
- Snižování měrného objemu pečiva používá-li se ve vysokých koncentracích (> 0,16 % na hmotnost mouky) [44].

2. Guarová guma

- Zvýšení specifického objemu pečiva [45],
- Zvýšení podílu plynových bublinek v pečivu [44],
- Snižování měrného objemu a pórovitosti pečiva [44],
- Tvorba gumovité, tenké kůrky [46].

3. Arabská guma

- Zvýšení specifického objemu pečiva [47],
- Zlepšení vnitřních a vnějších vlastností pečiva [47],
- Snížení pevnosti pečiva [47, 48].

5 REOLOGICKÉ VLASTNOSTI TĚST A PEKÁRENSKÝCH VÝROBKŮ

Obecná reologie je jedním z odvětví fyziky, jež se zabývá fyzikálním a matematickým popisem chování látek za deformace jak při podmínkách dynamických (v průběhu deformování), tak statických (deformovaný stav se dále nemění vnějšími silami). Studuje vztahy mezi těmito veličinami: napětím, jemuž je materiál vystaven, konečnou velikostí deformace materiálu, a časem, resp. kombinací posledních dvou, tj. rychlostí deformace (velikost deformace za čas). Kvalitu těsta můžeme také charakterizovat popisem jeho obecně vyjádřených reologických vlastností, ale především je potřebujeme posuzovat s ohledem na změny chování při dalším mechanickém, biologickém a tepelném zpracování [11, 49, 50].

Reologické měření (reometrie) má za úkol objektivizovat metody měření reologických vlastností. V případě potravin bylo dosud hodně těchto metod částečně nebo zcela subjektivních sensorických. Pro některé potravinářské materiály ale existuje velký počet speciálních objektivně měřících přístrojů. Výsledky se však převážně nevyjadřují jako fyzikálně definované reologické veličiny, ale pomocí empirických jednotek. U nich je pak ze zkušenosti známa jejich dobrá vypovídací schopnost ať již pro zpracovatelnost materiálu ve výrobě, nebo pro kvalitu hotového výrobku [11].

V pekárenské technologii a v příbuzných technologiích, kde se pracuje s těsty, krémy, náplněmi, atd., hrají významnou roli v utváření kvalitního produktu mechanické vlastnosti surovin a poloproduktů. Proto v metodách hodnocení surovin, poloproduktů i produktů se využívá metod a přístrojů založených na měření reologických vlastností. Zpracovatelská kvalita a texturní vlastnosti jsou často velmi dobře vystiženy reologickými ukazateli [11].

Na principu měření reologických vlastností těsta je založena celá řada přístrojů (cca 20). Některé z nich mají skutečně sledovat jen reologické chování těsta, event. z výsledků usuzovat na vlastnosti mouky nebo zrna. Jiné mají do jisté míry simulovat určité technologické pochody. Cílem těchto měření je na základě reologických měření těsta nebo suspenze mouky předvídat chování materiálu v průběhu technologického procesu, event. získat podklady k provádění včasných provozních zásahů [12].

Z hlediska teorie průběhu deformace se obvykle dělí na přístroje pracující za statické deformace (těsto je pouze jednorázově deformováno rovnoměrně rostoucím napětím za ustálených podmínek) a přístroje, měřící v průběhu dynamické deformace, kdy je těsto

v neustálém (většinou neustáleném) pohybu [11]. Dalším hlediskem pro klasifikaci přístrojů může být účel, jakému výsledky jejich měření slouží. Mohou se tak rozlišit přístroje, s jejichž pomocí se zjišťují jen některé reologické charakteristiky těsta jako ukazatele kvality mouky nebo zrna, dále přístroje, které jen simulují některé technologické pochody, a konečně přístroje, které vypovídají o obojím [11, 12].

Na podstatě reologických měření jsou založeny i další přístroje, které však nepoužívají k měření těsta, ale pouze suspenze mouky nebo škrobu, příp. ještě sledují průběh jejich mazovatění. Charakterizují výkyvy v aktivitě amylolytických enzymů a poškození škrobu. Významné jsou zejména pro hodnocení žitných mouk, ale rozsáhle jsou používány i při kontrole porostlosti pšenice [11, 12].

Důležité je zmínit, že měření vlastností těsta je obtížné, protože se jeho fyzikální a chemické vlastnosti (vývoj vazeb mezi vodou a moukou, enzymatické reakce, relaxace těsta po míchání) mění průběžně s časem [51].

5.1 Texturní analyzátor (Texture Analyser TA.XT Plus)

Texturní analyzátor TA.XT Plus (O.K. SERVIS BioPro, s.r.o., Praha) je univerzální přístroj, který je schopen vyvolat tah, tlak, rotační deformaci. Tento typ analyzátoru může podle požadavků odběratele vyvinout maximální tlak do 5-25 kg. Přístroj je vyobrazen na obrázku (Obr. 6.) [11].

Přístroj odečte maximální tlak P vyjádřený jako výšku křivky v píku v mm, tažnost L jako délku záznamu v mm, deformační energii W jako plochu pod křivkou v J a bezrozměrné poměrové číslo P/L [11].

Výsledky měření na těchto přístrojích mohou velmi dobře objektivně odpovídat hodnocení spotřebitelské přijatelnosti výrobků a pro určitý stále stejný výrobek a stejnou výrobní linku mohou odhalit i nepříznivé změny při výrobě a zpracování těsta. Dále lze na jednom druhu výrobku za stejných podmínek např. dobře sledovat rychlost jeho stárnutí [11].



Obr. 6 *Texturní analyzátor (TA.XT Plus)* [35].

6 SENZORICKÁ ANALÝZA PEKÁRENSKÝCH VÝROBKŮ

Senzorická analýza je technika, která v posledních letech zaznamenala velký růst, a jež využívá lidské smysly k hodnocení výrobku. Člověk se tak stává měřicím nástrojem ke kvantifikování, pozorování, atd., různých podnětů, a je jádrem systému, který musí určit a hledat dokonalý výrobek [52].

6.1 Zásady sensorického posuzování

Při sensorickém hodnocení je důležité dodržovat přesné zásady pro přípravu vzorků, jejich předkládání a hodnocení. Poněvadž se jedná o metody hodnocení, které kladou velké nároky na psychický stav posuzovatele, musí být při sensorickém hodnocení dodržovány obecné pokyny [53].

6.1.1 Odběr vzorků a příprava vzorků pro hodnocení

Obecnou podmínkou, kterou je nutno dodržet při sensorickém hodnocení výrobků je respektování data jejich použitelnosti nebo data jejich minimální trvanlivosti. Výrobky s prošlou dobou použitelnosti nesmí být po této době již uváděny do oběhu. Pokud se jedná o produkty s prošlou dobou minimální trvanlivosti, je možno je hodnotit za určitých podmínek (zejména při jejich zdravotní nezávadnosti) [53].

Vzorky se většinou podávají bez jakýchkoliv úprav či po případném porcování a při teplotě místnosti. Jsou podávány tak, aby byly dodrženy stejné podmínky pro všechny posuzovatele (při stejné teplotě, stejné množství, atd.) [53].

Senzorickou jakost ovlivňují též přídavné látky, kterých se používá v poslední době velké množství. Tyto látky se stávají součástí potravin, jsou s ní konzumovány a ovlivňují sensorickou jakost. Metody pro sensorické hodnocení pak můžeme stanovit dle cíle, který sledujeme, a sice z pohledu jejich přijatelnosti, sensorického profilu, případně i zohlednění zdravotního přínosu [53].

6.1.2 Způsob podávání vzorků k sensorické analýze

Vzorky je nutno podávat k analýze v dostatečném množství, aby měl posuzovatel možnost degustaci dle potřeby opakovat. Obvykle stačí 20-30 g u tuhých vzorků [53].

Při podávání sady vzorků je nutno dodržet zásadu stejného množství vzorku. Důležitá je správná teplota vzorku, která musí být opět stejná u celé sady vzorků. Změnou teploty se více mění intenzita vůně, než chuti [53].

Nádoby, v nichž se vzorky podávají, mají být z materiálu, který je sensoricky neutrální, nemají vyvolávat pachuti nebo různé pachy. Nejlepším materiálem je porcelán, sklo nebo nádoby z nerezavějící oceli [53].

Nádoby musí být neutrální také z hlediska vzhledu a barvy, nemá být opatřeno etiketami, či barevným potiskem. Nejvhodnější je barva čistě bílá, případně se slabým odstínem (krémový, šedivý, žlutý) [53].

6.1.3 Zachování anonymity vzorků a jejich kódování

Zachování anonymity vzorků při sensorické analýze je jeden z nejdůležitějších požadavků. Posuzovatel nesmí vědět jaký vzorek, od jakého výrobce byl předložen k sensorickému hodnocení, poněvadž by to mohlo ovlivnit objektivitu vlastního hodnocení. Proto se podávají vzorky bez obalů, případně dalších informací, které by tyto údaje nahrazovaly [53].

Označení vzorků se provede číselným kódem nebo velkými písmeny. Pro zvýšení anonymity kódování se doporučuje podávat vzorky náhodným systémem (randomizací). To znamená, že všichni posuzovatelé dostanou stejný soubor vzorků, ale u každého je pořadí jednotlivých vzorků v souboru nahodilé [53].

6.1.4 Hodnocení a degustace vzorků

Při hodnocení barvy se posuzují obecně vzorky v dopadajícím světle proti bílému pozadí, nebo v procházejícím světle proti světelnému zdroji [53].

Hodnocení čichových podnětů je náročnější. V praxi je používán nejčastěji tzv. sniffing, který spočívá v tom, že se lahvička se vzorkem protřepe tak, aby se vytvořily páry, které se po přiložení nádoby k nosu intenzivně čichají [53].

Nejnáročnější je však vlastní degustace vzorku a stanovení chuti. Před degustací se doporučuje vypláchnout ústa pitnou vodou. Chuť se vnímá chuťovými receptory v dutině ústní, aroma se mění tím, že se rozmělněná potravina postupně ovlhčuje a ohřívá, čímž těkají stále další páry [53].

Vzorky se obvykle polykají, čímž se dosáhne lepšího celkového vjemu. Po degustaci vzorku zůstávají v ústech zbytky vzorku, chuťových vjemů, které by mohly ovlivnit hodnocení u dalšího předkládaného produktu. Proto se používají tzv. chuťové neutralizátory, které odstraní nebo eliminují zbytky předchozího sousta. Jako nejvhodnější neutralizátor se doporučuje voda, minerální voda bez příchutě, bílé pečivo, chléb, jablko, ve výjimečných případech také vodka, čaj, káva, apod. [53].

6.1.5 Obecné požadavky pro posuzovatele

Schopnost k sensorickému posuzování bývá nejvyšší mezi 18-40 lety. Pro preferenční zkoušky jsou vhodnější posuzovatelé bez předchozích zkušeností a odborných znalostí, protože se jejich odpověď blíží názorům běžného konzumenta [53].

Posuzovatel by neměl být nachlazen, či jinak nemocen, unaven, nemá být pod vlivem léků. Dále nemá posuzovatel aspoň jednu hodinu před degustací kouřit, rovněž tak v přestávkách mezi degustacemi. Nemá také hodinu před degustací jíst silně kořeněné pokrmy a pít alkoholické nápoje nebo kávu [53].

6.1.6 Doba a délka posuzování

Výsledky sensorického hodnocení závisí do určité míry na denní době. Jako nejvhodnější k posuzování se doporučuje doba 9-11 hodina dopoledne a 14-16 hodina odpoledne. Posuzování by nemělo trvat déle jak 2-3 hodiny [53].

Počet podávaných vzorků se řídí složitostí úkolu. Jestliže jde o degustaci, nedoporučuje se podávat více než 4-6 vzorků najednou. Při posuzování vůně lze předkládat 10-15 vzorků. Při posouzení texturních vlastností lze podávat rovněž až 15 vzorků, u porovnání barvy je možné k posuzování předložit až 20 vzorků [53].

II. PRAKTICKÁ ČÁST

7 CÍL PRÁCE

Cílem práce bylo zjistit vliv definovaných aditiv na vybrané chemické vlastnosti pšeničného těsta a na vybrané chemické, reologické a organoleptické vlastnosti pekárenských výrobků. Pro jednotlivé analýzy byla vybrána následující aditiva: zlepšující přípravek Frosty a hydrokoloid arabská guma (Gum arabic from acacia tree).

V rámci chemických analýz pšeničného těsta byl zkoumán vliv definovaných aditiv na obsah vody (vlhkost), titrační kyselost (obsah titrovatelných kyselin) a pH (aktivní kyselost). Z chemických analýz pekárenských výrobků bylo prováděno stanovení obsahu vody (vlhkosti) a stanovení titrační kyselosti (obsahu titrovatelných kyselin).

V rámci měření reologických vlastností byl sledován vliv vybraných aditiv na tuhost pekárenských výrobků.

Pro zjištění kvality pekárenských výrobků s přidavkem výše jmenovaných aditiv byly provedeny senzoričké analýzy, které zahrnovaly pořadový test preferencí a hodnocení jednotlivých senzoričkých znaků – chuť, vláčnost, křehkost, konzistence (textura), gumovitost, vůně a pórovitost.

Pro dosažení tohoto cíle byly stanoveny následující úkoly:

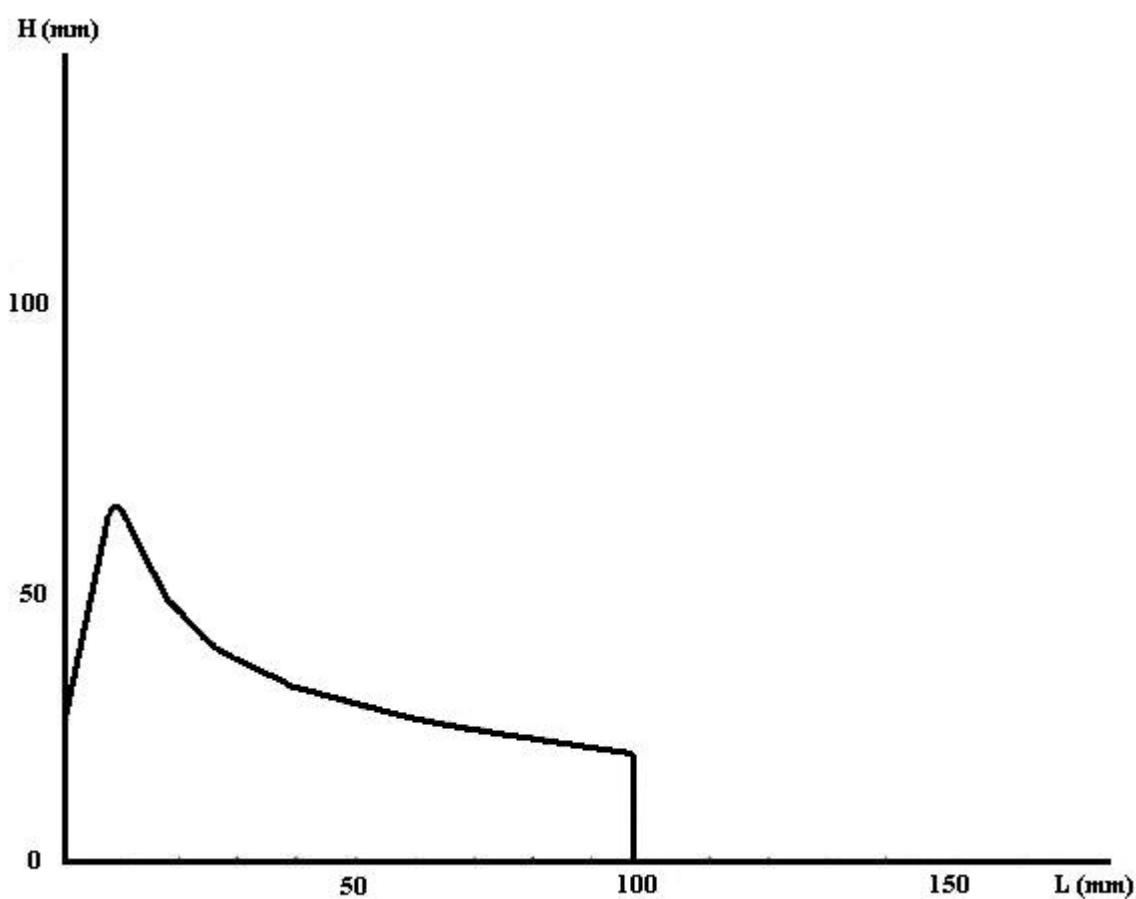
- teoreticky popsat chemické složení pšeničné mouky, ostatních přísad a aditiv a dále popsat vliv těchto aditiv na pšeničné těsto a pekárenské výrobky,
- vyrobit pšeničná těsta s použitím definovaných aditiv,
- provést chemické rozborů: obsah vody, titrační kyselost a pH u těst; měření reologických vlastností: pevnost a dále provést senzoričkou analýzu u pekárenských výrobků.

8 MATERIÁL A METODIKA

8.1 Materiál

8.1.1 Suroviny pro výrobu

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



Obr. 7 Alveografická křivka mouky T 512 (817px x 659px)

Tab. 7 Parametry mouky T 512

Parametr	Jednotka	Hodnota
Vlhkost	%	14,40
číslo FN – pádové číslo	s	278
Popel	%	0,60
lepek v sušině – obsah mokrého lepku v sušině	%	31,9
P – pevnost (max. tlak nutný k def. těsta) při CH	mmH ₂ O	67
L – tažnost (délka křivky) při CH	mm	97
G – index nafouknutí ($2,226 \cdot \sqrt{L}$)	-	21,9
W – deformační energie (síla mouky) při CH	10E – 4J	198
P/L – konfigurační poměr křivky při CH	-	0,69
Ie – stupeň elasticity při CH	%	49,9

- Sůl

Tab. 8 Charakteristiky soli

Charakteristiky	Popis
Druh	Vakuová sůl jedlá nejodovaná
Výrobce	Solivary Trade, s.r.o., Prešov, Slovensko
Složení	Chlorid sodný, protispěková přísada E 535 – ferrokyanid sodný

- Cukr

Tab. 9 Charakteristiky cukru

Charakteristiky	Popis
Druh	Cukr krystal
Výrobce	Aro, Cukrovar Vrbátky a.s., Česká republika
Složení	Cukr

- Droždí

Tab. 10 Charakteristiky droždí

Charakteristiky	Popis
Druh	Čerstvé pekařské droždí
Výrobce	Paniform, Uniform, Werne, Germany, GmbH&Co
Složení	Čistá kmenová kultura <i>Saccharomyces cerevisiae</i>

- Tuk

Tab. 11 Charakteristiky tuku

Charakteristiky	Popis
Druh	Margarín jedlý roztíratelný tuk s 80 % tuku
Výrobce	Croissant-Platte, Senna, Stockhammerngasse, Austria
Složení	Částečně ztužené rostlinné tuky, rostlinné oleje, voda, emulgátor: E 472c – estery monoglyceridů s kyselinou citrónovou (citroglyceridy), E 471 – mono- a diglyceridy mastných kyselin z jedlých tuků, sůl, regulátor kyselosti: E 330 – kyselina citronová, E 331 – citronan sodný, aroma, barvivo: β -karoten

- Zlepšující přípravek Frosty

Tab. 12 *Charakteristiky zlepšujícího přípravku Frosty*

Charakteristiky	Popis
Druh	Zlepšující přípravek pro výrobu běžného, jemného a vícezrného pečiva určeného k zamrazování
Výrobce	Frosty, Irca S.r.l., Gallarate, Italia
Složení	Přírodní kvásek pšeničné mouky, emulgátory: E 472e – estery mono-glyceridů s kyselinou mono- a diacetylvinnou (DATEM), E 471 – mono- a diglyceridy mastných kyselin z jedlých tuků, α -amyláza, E 300 – kyselina askorbová
Dávkování	1-3 % na množství mouky

- Arabská guma

Tab. 13 *Charakteristiky arabské gumy*

Charakteristiky	Popis
Druh	Gum arabic from acacia tree
Výrobce	Sigma Aldrich, Germany
Složení	Arabská guma
Specifikace	Vzhled: barva – krémově bílá, forma – prášek, ztráta sušením – 15 %

8.2 Metodika

8.2.1 Výroba mraženého jemného pečiva

Pro jednotlivé analýzy bylo připraveno pět vzorků plundrového mraženého jemného pečiva. Jednalo se o kontrolní vzorek bez přídavku aditiva (vyroben z těchto surovin – mouka, sůl, cukr, droždí, voda a tuk), vzorek s přídavkem zlepšujícího přípravku Frosty v množství 15 g.kg^{-1} a 30 g.kg^{-1} a s přídavkem arabské gumy taktéž v množství 15 g.kg^{-1} a 30 g.kg^{-1} .

Technologický postup výroby

Všechny modelové vzorky byly připravovány tímto způsobem:

1. Příprava těsta

Suroviny byly naváženy při teplotě $28 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a relativní vlhkosti 60-70 % podle následujícího dávkování:

Tab. 14 *Dávkování surovin*

Surovina	Množství [g.kg^{-1}]	Množství [g]
Mouka	1 000	2 000
Sůl	15	30
Cukr	50	100
Droždí	70	140
Voda	500	1 000
Tuk	400	800
zlepšující přípravek Frosty	15	30
zlepšující přípravek Frosty	30	60
arabská guma	15	30
arabská guma	30	60

Následovalo smíchání všech surovin vyjma tuku, který se přidal do těsta až při rozvalování.

2. Hnětení těsta

Hnětení těsta probíhalo na spirálovém hnětači (ALBA, spol. s.r.o., Hořovice, ČR). Teplota těsta byla okolo 25 °C a celková doba hnětení činila 6-7 minut, přičemž nejprve bylo prováděno hnětení 4 minuty rychle a následně 2-3 minuty pomalu.

3. Zchlazení těsta I

Těsto pak bylo vychlazen v chladicím boxu (RS 2130, Riva cold.com, Italy). Teplota v chladicím boxu činila 5 °C a celková doba chlazení byla 30 minut.

4. Rozvalování těsta I

Po vychlazení následovalo rozvalování těsta na rozvalovacím stroji (Rondo doge, Seewer AG Burgdorf, Switzerland) a to režimem 1 x 3 bez tuku, následně byl zabalen tuk do těsta (tvar psaníčka) a režimem 3 x 3 s tukem. Z původní výšky 35 mm se po rozvalování získalo těsto o výšce 7,6 mm.

5. Zchlazení těsta II

Pro získání srovnatelných těst se rozválená těsta, zatímco se rozvalovala těsta další, dala do chladicího boxu, aby se zamezilo nechtěným biochemickým reakcím v těstě. Celková doba v mrazicím boxu činila asi 15 minut.

6. Rozvalování těsta II

Po vyjmutí těsta z chladicího boxu došlo k dalšímu konečnému rozválení těsta a následnému stočení těsta na nerezový válec. Při tomto rozvalování bylo získáno těsto o výšce 3 mm (z původních 7,6 mm).

7. Tvarování těsta

Tvarování těsta probíhalo strojově a to na lince jemného pečiva (Rondo doge, Seewer AG Burgdorf, Switzerland). Získaly se těstové klonky ve tvaru mřížky.



Obr. 8 Seskládané těstové klonky (mřížky) (2592px x 1944px, 72dpi)



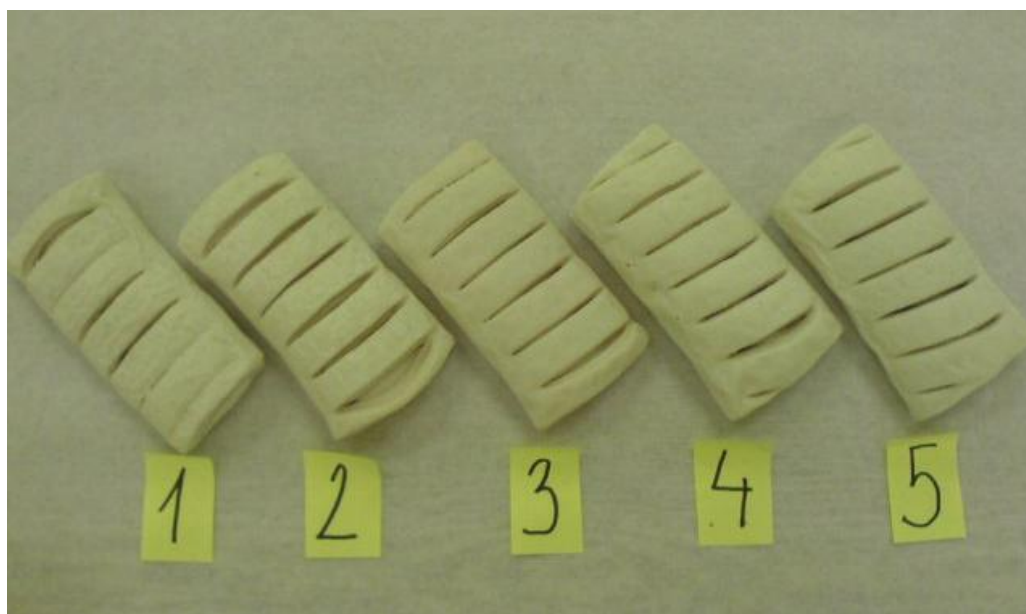
Obr. 9 Detail těstového klonku (mřížky) (2592px x 1944px, 72dpi)

8. Předkynutí klonků

Po seskládání 40-45 kusů těstových klonků z linky jemného pečiva na plechy se speciálním papírem na pečení následovalo předkynutí těstových klonků v kynárně (Kornfeil spol. s r.o., Čejč, ČR) po dobu 30 minut. Předkynutí probíhalo při teplotě 40 °C a relativní vlhkosti 75 %.

9. Zmražení klonků

Předkynuté těstové klonky byly dále přesunuty do mrazicího boxu (MTH, Fojtách, Velký Ořechov, ČR), kde byla udržována teplota -22 °C. Po ztuhnutí klonků vlivem nízké teploty následovalo jejich balení do igelitových pytlů, aby nedocházelo k odparu vody a tím pádem k vysušení těstových klonků. Celková doba v mrazicím boxu byla 48 hodin.



Obr. 10 Srovnání jednotlivých zmražených těstových klonků (640px x 480px, 72dpi)

1 - kontrolní vzorek, 2 - vzorek s přidavkem ZP Frosty v množství 15 g.kg⁻¹,
3 - vzorek s přidavkem ZP Frosty v množství 30 g.kg⁻¹, 4 - vzorek s přidavkem arabské gumy v množství 15 g.kg⁻¹, 5 - vzorek s přidavkem arabské gumy v množství 30 g.kg⁻¹

10. Příprava klonků do kynárny

Zmražené těstové klonky zabalené v igelitových pytlích bylo nutné připravit do kynárny, což znamenalo jejich opětovné vyskládání na plech se speciálním papírem na pečení. Doba odle-

žení zmražených těstových klonků v prostředí pekárny byla 10 minut, při čemž prostředí pekárny mělo teplotu 28 °C a relativní vlhkost 60-70 %.

11. Dokynutí klonků

Těstové klonky se nechaly po zmrazení dokynout v téže kynárně se stejnými parametry, a to po dobu 30 minut.

12. Pečení klonků

Dále následovalo upečení dokynutých těstových klonků v elektrické peci s výparníkem (Rotomax computer, Kornfeil spol. s r.o., Čejč, ČR). Celková doba pečení byla 15 minut s tímto režimem:

1. minuta: $t = 210\text{ °C}$, pečení s párou (1l vody na páru)
- 2.-13. minuta: $t = 190\text{ °C}$, pečení bez přídavku páry
- 14.-15. minuta: $t = 220\text{ °C}$, pečení bez přídavku páry



Obr. 11 Srovnání jednotlivých upečených těstových klonků (640px x 480px, 72dpi)

1 - kontrolní vzorek, 2 - vzorek s přídavkem ZP Frosty v množství 15 g.kg^{-1} ,
3 - vzorek s přídavkem ZP Frosty v množství 30 g.kg^{-1} , 4 - vzorek s přídavkem arabské gumy v množství 15 g.kg^{-1} , 5 - vzorek s přídavkem arabské gumy v množství 30 g.kg^{-1}

13. Vychladnutí výrobků

Upečené výrobky se nechaly samovolně zchladnout v prostředí pekárny (teplota 28 °C, relativní vlhkost 60-70 %). Celková doba vychladnutí činila minimálně 20 minut.

8.2.2 Chemická analýza těst

1. Stanovení obsahu vody (vlhkosti)

Chemickou analýzou byl stanoven celkový obsah vody při 130 °C dle České technické normy ČSN ISO 56 0116-3 (1995). Obsah vody je definován jako úbytek hmotnosti vzorku zjištěný za podmínek specifikovaných touto metodou [54]. Stanovení bylo prováděno celkem dvakrát, přičemž každý vzorek byl měřen třikrát. Výsledek byl uveden jako aritmetický průměr dvou stanovení ± směrodatná odchylka.

2. Stanovení titrační kyselosti (titrovatelných kyselin)

Chemickou analýzou byla stanovena titrační kyselost dle České technické normy ČSN ISO 56 0116-10 (1995) [55]. Stanovení bylo prováděno celkem dvakrát, přičemž každý vzorek byl měřen třikrát. Výsledek byl uveden jako aritmetický průměr dvou stanovení ± směrodatná odchylka.

Kyselost vyjádřená v mmol.kg^{-1} udává počet ml odměrného roztoku hydroxidu sodného, potřebných na neutralizaci 1000 g těsta. Z toho vyplývá, že jednomu stupni kyselosti odpovídá 10 mmol.kg^{-1} [56].

Hydroxid sodný je látka silně hygroskopická, ochotně reagující s oxidem uhličitým, z tohoto důvodu není nikdy pevný hydroxid sodný stoprocentní. Připravují se proto nejprve roztoky o přibližné koncentraci a přesnou koncentraci je nutno stanovit pomocí vhodné základní látky (kyseliny šťavelové) [57].

3. Stanovení aktivní kyselosti (pH)

Chemickou analýzou byla stanovena aktivní kyselost (pH), která byla měřena pomocí vpičového pH metru (Gryf 209 S) za laboratorní teploty, tj. 25 ± 1 °C. Každý vzorek byl měřen pětkrát a výsledek byl uveden jako aritmetický průměr ± směrodatná odchylka.

8.2.3 Chemická analýza jemného pečiva

1. Stanovení obsahu vody (vlhkosti)

a) Stanovení obsahu vody (vlhkosti) v čerstvě upečeném pečivu

Chemickou analýzou byl stanoven obsah vody do konstantní hmotnosti s nasávací hmotou dle České technické normy ČSN ISO 56 0116-3 (1995) [54]. Stanovení bylo prováděno celkem dvakrát, přičemž každý vzorek byl měřen třikrát. Výsledek byl uveden jako aritmetický průměr dvou stanovení \pm směrodatná odchylka.

Nasávací hmotou se výrazně zvětší odpařovací povrch, neboť tenký film vzorku obalí zrnka písku a vzorek se tak roztáhne do tenké vrstvy. Je proto nutné, aby bylo nasávací hmoty dostatek [56].

b) Stanovení obsahu vody (vlhkosti) v pečivu tři dny po upečení

Chemickou analýzou byl stanoven obsah vody do konstantní hmotnosti s nasávací hmotou dle České technické normy ČSN ISO 56 0116-3 (1995) [54]. Stanovení bylo prováděno celkem dvakrát, přičemž každý vzorek byl měřen třikrát. Výsledek byl uveden jako aritmetický průměr dvou stanovení \pm směrodatná odchylka.

2. Stanovení titrační kyselosti (titrovatelných kyselin)

c) Stanovení titrační kyselosti (titrovatelných kyselin) v čerstvě upečeném pečivu

Chemickou analýzou byla stanovena titrační kyselost dle České technické normy ČSN ISO 56 0116-10 (1995) [55]. Stanovení bylo prováděno celkem dvakrát, přičemž každý vzorek byl měřen třikrát. Výsledek byl uveden jako aritmetický průměr dvou stanovení \pm směrodatná odchylka.

d) Stanovení titrační kyselosti (titrovatelných kyselin) v pečivu tři dny po upečení

Stanovení bylo provedeno stejným způsobem jako stanovení titrační kyselosti (titrovatelných kyselin) v čerstvě upečeném pečivu.

8.2.4 Měření reologických vlastností jemného pečiva

Měření bylo prováděno na texturním analyzátoru TA.XT plus (O.K. SERVIS BioPro, s.r.o., Praha) celkem dvakrát, přičemž každý vzorek byl měřen pětkrát. Vzorky byly testovány při 23 ± 2 °C. Zjišťovanou vlastností byla tuhost řezem u vzorků čerstvě upečeného jemného pečiva a dále pak u pečiva tři dny po upečení.

Měření je založeno na deformaci měřeného materiálu sondou/nástavcem - řezací nůž (HDP/BS) instalovaným do pohyblivého ramene přístroje, ve kterém je umístěn citlivý tenzometr. Na měřený materiál je působeno kompresní silou nebo tahem. Citlivý tenzometr snímá deformační síly, které obslužný program zaznamenává ve formě souvislé deformační křivky a ta slouží k dalším výpočtům. Standardně zjišťovanými fyzikálními veličinami jsou síla, dráha a čas, které umožňují objektivní hodnocení materiálu a tak doplňují sensorické hodnocení.

Měření probíhalo za tohoto nastavení texturního analyzátoru:

- Režim: měření síly stlačení
- Varianta: návrat na začátek
- Rychlost zkušebního testu: 5 mm.s^{-1}
- Rychlost testu: $2,0 \text{ mm.s}^{-1}$
- Rychlost po testu: $10,0 \text{ mm.s}^{-1}$
- Vzdálenost: 55 mm (sonda kalibrována na 60 mm)
- Typ spuštění: 5 g
- Tárovací režim: automatický
- Rychlost sběru dat: 250 pps
- Příslušenství: řezací nůž (HDP/BS) s užitím siloměru na 25 kg

vysokovýkonná plošina (HDP/90) [58].

Popis experimentu:

Vzorky jsou odebírány z balíčků těsně před zkouškou a každý z nich je pak umístěn centrálně dle řezacího nože. Vzhledem k tomu, že nůž postupuje dolů do vzorku, dojde ke zvýšení síly. Čím je hodnota síly vyšší, tím je vzorek tužší. Pevnost je vlastnost, která se mění

s délkou doby použitelnosti, tj. čerstvé vzorky vyžadují obvykle méně síly k přeřezání v porovnání se stejným typem vzorku vyrobeného předchozí den. Plocha pod křivkou je míra celkového množství práce spojené s provedením testu. Plocha o vyšší hodnotě značí, že vzorek je tužší [58].

8.2.5 Senzorická analýza jemného pečiva

Pro zjištění kvality a jakosti jemného pečiva s přidavkem daných aditiv byly provedeny senzorické analýzy, kterých se zúčastnil panel tzv. vybraných posuzovatelů, který se skládal ze studentů a zaměstnanců Fakulty technologické, Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a zaměstnanců firmy TOPEK, s.r.o., Topolná [59]. Senzorická analýza byla provedena celkem dvakrát, a to jak u čerstvě upečeného jemného pečiva, tak u pečiva tři dny po upečení.

Jednotlivé vzorky byly předkládány anonymně pod písmeny A-E při pokojové teplotě 23 ± 2 °C. Posuzovatelé prováděli nejprve pořadový preferenční test, tzn., že seřadili vzorky jemného pečiva od nejpreferovanějšího až po nejméně preferovaný v pořadí od 1 do 5, kdy 1 představovala vzorek nejpreferovanější a 5 vzorek nejméně preferovaný.

Senzorické hodnocení se skládalo z posuzování jednotlivých vzorků jemného pečiva pomocí jakostních číselných (ordinálních) stupnic s charakteristikou každého stupně. První stupeň byl označen jako „vynikající“ a poslední stupeň odpovídal úrovni „nevyhovující“. Tímto způsobem byly posuzovány tyto charakteristiky: chuť, vláčnost, křehkost, konzistence (textura), gumovitost, vůně a pórovitost [60].

K senzorické analýze byly použity vzorky plundrového jemného pečiva vyrobené stejným technologickým postupem popsáním v kapitole 7.2.1. z těsta o stejném složení. Rozdíl byl pouze v přidavku jednotlivých aditiv (zlepšující přípravek Frosty a arabská guma v množství 15 g.kg^{-1} a 30 g.kg^{-1}).

Senzorická analýza byla statisticky vyhodnocena pomocí:

1. pořadového testu preferencí (Freidmanův test)
2. hodnocení jednotlivých senzorických znaků – chuť, vláčnost, křehkost, konzistence (textura), gumovitost, vůně a pórovitost, a také celkové hodnocení (kvalita) (Kruskal – Wallisův test, Wilcoxonův test) [53, 59]
3. programu pro statistické vyhodnocování senzorické analýzy: STATISTICA CZ [statistický program, CD-ROM]. Ver. 9.1. Tulsa (USA): Statsoft, Inc., dále Statka 25.

9 VÝSLEDKY A DISKUSE

9.1 Chemická analýza těst

Jednotlivé chemické analýzy těst s přidavkem aditivní látky (zlepšujícího přídatku Frosty či arabské gummy) byly porovnávány se standardem, čímž bylo těsto bez těchto aditiv, tzv. kontrolní těsto.

9.1.1 Stanovení obsahu vody (vlhkosti)

Celkový obsah vody jednotlivých těst uvádí tabulka (Tab. 15).

Tab. 15 Naměřený obsah vody v jednotlivých těstech

Těsta s aditivou	Množství aditiv [g.kg ⁻¹]	Obsah vody [%]		$\bar{x} \pm \sigma^2$
Kontrolní	-	70,78	70,88	70,83 ± 0,07
+ ZP Frosty	15	68,71	68,57	68,64 ± 0,10
+ ZP Frosty	30	65,68	65,61	65,65 ± 0,05
+ Arabská guma	15	66,37	66,34	66,36 ± 0,02
+ Arabská guma	30	66,42	66,58	66,50 ± 0,11

\bar{x} průměrná hodnota

σ^2 směrodatná odchylka

Diskuse:

Cílem bylo určit, zda přidavek použitých aditivních látek ovlivňuje celkový obsah vody v pšeničném těstě. Z výše uvedených hodnot vyplývá, že přidavek obou přídatných látek snížil celkový obsah vody. Ke snížení celkového obsahu vody v porovnání se standardem (kontrolním těstem) došlo především vlivem přídatku aditivní látky, čímž se zvýšil obsah sušiny, a tudíž snížil celkový obsah vody v těstě. Nejlépe tento fakt vystihují hodnoty obsahu vody u těst s přidavkem zlepšujícího přípravku Frosty, kdy se zvyšujícím množstvím tohoto aditiva docházelo ke snižování obsahu vody. U arabské gummy není mezi jednotlivým množstvím přidaného aditiva tato skutečnost viditelná.

9.1.2 Stanovení titrační kyselosti (titrovatelných kyselin)

Titrační kyselost jednotlivých těst uvádí tabulka (Tab. 16).

Tab. 16 Zjištěná titrační kyselost jednotlivých těst

Těsta s aditivou	Množství aditiv [g.kg ⁻¹]	Titrační kyselost [mmol.kg ⁻¹]		$\bar{x} \pm \sigma^2$
Kontrolní	-	36,49	36,31	36,4 ± 0,13
+ ZP Frosty	15	37,77	38,10	37,94 ± 0,23
+ ZP Frosty	30	41,27	40,78	41,03 ± 0,35
+ Arabská guma	15	36,02	35,95	35,99 ± 0,05
+ Arabská guma	30	36,02	35,77	35,90 ± 0,18

\bar{x} průměrná hodnota

σ^2 směrodatná odchylka

Diskuse:

Cílem bylo zjistit, zda přidavek použitých aditivních látek ovlivňuje titrační kyselost pšeničného těsta. Z výše uvedených hodnot lze konstatovat, že přidavek zlepšujícího přípravku Frosty zvýšil titrační kyselost pšeničného těsta, a to tím více, čím větší množství tohoto zlepšujícího přípravku bylo v těstě. Předpokládám, že daná skutečnost byla způsobena složením zlepšujícího přípravku Frosty, obsahujícího mj. i kyselinu askorbovou, která má sama o sobě pH (5%) 2,1-2,6 (Lawson, 1995).

Přidavek arabské gumy aktivní kyselost nijak zvláště neovlivnil. Mírné odchylky od standardu (kontrolního těsta) mohly být způsobeny nepřesným určením bodu ekvivalence, kdy nejspíše došlo k přetitrování nebo naopak k neúplnému dotitrování vzorku. Domnívám se, že odchylky mohly být také způsobeny nestejnou produkcí CO₂ při kvašení těsta, který zvyšuje jeho kyselost. V každé šarži čerstvého lisovaného droždí, ba i v jednotlivém balení dané šarže je různý počet aktivních buněk kvasinek *Saccharomyces cerevisiae*. I když je naváženo stále stejné množství droždí, poměr odumřelých a aktivních buněk je pokaždé jiný, proto i produkce CO₂ je různá.

9.1.3 Stanovení aktivní kyselosti (pH)

Naměřené hodnoty pH jednotlivých těst uvádí tabulka (Tab. 17).

Tab. 17 Naměřené hodnoty pH v jednotlivých těstech

Těsta s aditivou	Množství aditiv [g.kg ⁻¹]	Hodnota pH		$\bar{x} \pm \sigma^2$
Kontrolní	-	4,83	4,86	4,85 ± 0,02
+ ZP Frosty	15	4,72	4,73	4,73 ± 0,01
+ ZP Frosty	30	4,53	4,58	4,56 ± 0,04
+ Arabská guma	15	4,80	4,84	4,82 ± 0,03
+ Arabská guma	30	4,76	4,79	4,78 ± 0,02

\bar{x} průměrná hodnota

σ^2 směrodatná odchylka

Diskuse:

Cílem bylo ověřit předchozí metodu, tj. správnost stanovení titrační kyselosti jednotlivých těst, tím pádem opět určit, zda přidavek použitých aditivních látek ovlivňuje aktivní kyselost (pH) pšeničného těsta.

Z výše naměřených hodnot pH vyplývá, že zlepšující přidavek Frosty aktivní kyselost zvyšoval. Čím větší koncentrace zlepšujícího přípravku Frosty byla použita, tím bylo dosaženo nižšího pH. Přidavek arabské gumy aktivní kyselost ovlivnil pouze minimálně, a to až při vyšší koncentraci tohoto aditiva. Mírné odchylky od standardu (kontrolního těsta) lze opět připisat různé aktivitě kvasinek čili odlišné produkci CO₂.

Lze tedy konstatovat, že stanovením aktivní kyselosti byla ověřena předchozí metoda, tj. správnost stanovení titrační kyselosti.

9.2 Chemická analýza jemného pečiva

Jednotlivé chemické analýzy jemného pečiva, vyrobeného z těst s přidavkem aditivní látky (zlepšujícího přípravku Frosty či arabské gumy) byly porovnávány se standardem, čímž bylo

kontrolní jemné pečivo, vyrobené z těsta bez těchto aditiv. Jemné pečivo bylo vyrobeno z těst, která prošla procesem zmražování po dobu 48 hodin.

9.2.1 Stanovení obsahu vody (vlhkosti)

1. Stanovení obsahu vody (vlhkosti) v čerstvě upečeném pečivu

Celkový obsah vody v jednotlivých vzorcích čerstvě upečeného pečiva uvádí tabulka (Tab. 18).

Tab. 18 *Naměřený obsah vody v jednotlivých vzorcích čerstvě upečeného pečiva*

Vzorky s aditiv	Množství aditiv [g.kg ⁻¹]	Obsah vody [%]		$\bar{x} \pm \sigma^2$
Kontrolní	-	24,16	24,14	24,15 ± 0,01
+ ZP Frosty	15	21,52	21,47	21,50 ± 0,04
+ ZP Frosty	30	23,89	23,77	23,83 ± 0,08
+ Arabská guma	15	23,74	23,67	23,71 ± 0,05
+ Arabská guma	30	19,91	19,78	19,85 ± 0,09

\bar{x} průměrná hodnota

σ^2 směrodatná odchylka

Diskuse:

Cílem bylo zjistit, zda přidavek použitých aditivních látek ovlivňuje celkový obsah vody v čerstvě upečeném jemném pečivu. Z výše uvedených hodnot lze konstatovat, že přidavek obou aditiv ovlivnil celkový obsah vody ve vzorku. Přičemž nejvyšší vlhkost vykazoval standard (kontrolní vzorek) bez přídavku aditiv, dále přidavek zlepšujícího přípravku Frosty v množství 30 g.kg⁻¹ a přidavek arabské gumy v množství 15 g.kg⁻¹. Naopak nejnižší vlhkost obsahoval vzorek s přídavkem arabské gumy v množství 30 g.kg⁻¹. Jelikož šlo o arabskou gumu pro laboratorní účely s téměř 100% čistotou, která se běžně v potravinářství nepoužívá (stačí obchodní čistota), domnívám se, že přidavek v množství 30 g.kg⁻¹ byl už pro naše účely vysoký a měl spíše opačný, negativní efekt.

Se zvyšujícím se množstvím zlepšujícího přípravku Frosty se také zvyšoval celkový obsah vody v čerstvě upečeném výrobku. Tuto skutečnost lze připsat emulgátorům E 472c – este-

ry monoglyceridů s kyselinou citronovou (citroglyceridy) a E 471 – mono- a diglyceridy mastných kyselin z jedlých tuků, které interagují se škrobem v pšeničném těstě, resp. s amyložovou frakcí škrobu, čímž dochází k vytvoření komplexu emulgátoru s amyložou, tzv. inkluzní sloučeniny. Vlivem vzniku tohoto komplexu dochází ke zvýšení schopnosti zadržet vodu – pohyb molekul je zpomalen nebo znemožněn, tj. dochází ke zpomalení rekrystalizace amyložy, a tím zpomalení retrogradace škrobu, tj. zpomalení stárnutí pečiva (Příhoda a kolektiv, 2003).

Vzorek s přidavkem arabské gumy v množství 15 g.kg^{-1} taktéž obsahoval srovnatelné množství vody se standardem (kontrolním vzorkem), a to díky charakteristické vlastnosti arabské gumy, čímž je schopnost dosti pevně a stabilně vázat velký objem vody (Příhoda a kolektiv, 2003).

Dále je důležité zmínit, že obsah vody u výrobků s vysokým obsahem tuku, což je i tento případ, lze určit pouze s velkými nepřesnostmi. Během sušení totiž dochází k četným chemickým reakcím (koagulace bílkovin, dextrinace škrobu, oxidační pochody, tvorba melanoidních látek), které mají za následek odštěpování chemicky vázané vody a těkavých sloučenin (H_2S , aldehydy, ketony apod.), a proto nelze dosáhnout úplně rovnovážného stavu. Uvedené vlivy někdy způsobí zdánlivé zvyšování obsahu vody (oxidace tuků) (Skoupil a kolektiv, 1988).

2. Stanovení obsahu vody (vlhkosti) v pečivu tři dny po upečení

Celkový obsah vody v jednotlivých vzorcích pečiva tři dny po upečení uvádí tabulka (Tab. 19).

Tab. 19 Naměřený obsah vody v jednotlivých vzorcích pečiva tři dny po upečení

Vzorky s aditivy	Množství aditiv [g.kg^{-1}]	Obsah vody [%]		$\bar{x} \pm \sigma^2$
Kontrolní	-	13,75	13,92	$13,84 \pm 0,12$
+ ZP Frosty	15	12,36	12,07	$12,22 \pm 0,21$
+ ZP Frosty	30	11,84	12,00	$11,92 \pm 0,11$
+ Arabská guma	15	15,38	15,14	$15,26 \pm 0,17$
+ Arabská guma	30	13,52	13,78	$13,65 \pm 0,18$

\bar{x} průměrná hodnota
 σ^2 směrodatná odchylka

Diskuse:

Cílem bylo opět určit, zda přidavek použitých aditivních látek ovlivňuje celkový obsah vody v pečivu tři dny po upečení. Z hodnot uvedených v tabulce vyplývá, že rozdíly mezi jednotlivými vzorky opět nebyly velké. Nejvyšší obsah vody vykazoval vzorek s přidavkem arabské gumy v množství 15 g.kg⁻¹, naopak nejméně vody obsahoval vzorek s přidavkem zlepšujícího přípravku Frosty v množství 30 g.kg⁻¹. Vzorky s přidavkem zlepšujícího přípravku Frosty vykazovaly vyšší vysychání. Domnívám se, že skutečnost nastala vlivem velikosti pórů u vzorků s přidavkem Frosty, které byly v porovnání s ostatními vzorky mnohem větší. Obsah vody standardu (kontrolního vzorku) je téměř srovnatelný s přidavkem arabské gumy v množství 15 g.kg⁻¹.

Opět platí stejná poznámka jako u stanovení obsahu vody v čerstvě upečeném pečivu, a to obsah vody u výrobků s vysokým obsahem tuku, lze určit pouze s velkými nepřesnostmi (Skoupil a kolektiv, 1988).

9.2.2 Stanovení titrační kyselosti (titrovatelných kyselin)

1. Stanovení titrační kyselosti (titrovatelných kyselin) v čerstvě upečeném pečivu

Titrační kyselost jednotlivých vzorků čerstvě upečeného pečiva uvádí tabulka (Tab. 20).

Tab. 20 Zjištěná titrační kyselost jednotlivých vzorků čerstvě upečeného pečiva

Vzorky s aditivu	Množství aditiv [g.kg ⁻¹]	Titrační kyselost [mmol.kg ⁻¹]		$\bar{x} \pm \sigma^2$
Kontrolní	-	30,00	30,50	30,25 ± 0,35
+ ZP Frosty	15	34,50	35,00	34,75 ± 0,35
+ ZP Frosty	30	38,50	39,00	38,75 ± 0,35
+ Arabská guma	15	30,00	31,00	30,50 ± 0,71
+ Arabská guma	30	30,50	29,50	30,00 ± 0,71

\bar{x} průměrná hodnota
 σ^2 směrodatná odchylka

Diskuse:

Cílem bylo zjistit, zda přídavek použitých aditivních látek ovlivňuje titrační kyselost čerstvě upečeného jemného pečiva. Z výše uvedených hodnot lze konstatovat, že přídavek zlepšujícího přípravku Frosty opět zvýšil titrační kyselost pšeničného těsta, a to tím více, čím větší bylo množství tohoto zlepšujícího přípravku v těstě. Titrační kyselost čerstvého pečiva s přídavkem arabské gummy lze srovnat s titrační kyselostí standardu. Dané skutečnosti byly zdůvodněny již u titrační kyselosti těsta viz kapitola 9.1.2.

Titrační kyselost čerstvě upečeného výrobku byla ve všech případech menší než titrační kyselost jednotlivých těst. Domnívám se, že ke snížení titrační kyselosti došlo vlivem termické inaktivace kvasinek *Saccharomyces cerevisiae* při pečení, čímž byla ukončena produkce CO₂. Titrační kyselost těst je také vyšší díky vzniku meziproduktů při etanolovém kvašení. Těmito produkty jsou zejména organické kyseliny, v největším množství se jedná o kyselinu octovou, jejíž část během procesu pečení vytěká (Příhoda a kolektiv, 2003).

2. Stanovení titrační kyselosti (titrovatelných kyselin) v pečivu tři dny po upečení

Titrační kyselost jednotlivých vzorků pečiva tři dny po upečení uvádí tabulka (Tab. 21).

Tab. 21 Zjištěná titrační kyselost jednotlivých vzorků pečiva tři dny po upečení

Vzorky s aditivou	Množství aditiv [g.kg ⁻¹]	Titrační kyselost [mmol.kg ⁻¹]		$\bar{x} \pm \sigma^2$
Kontrolní	-	41,33	41,36	41,35 ± 0,02
+ ZP Frosty	15	44,47	45,56	45,02 ± 0,77
+ ZP Frosty	30	49,43	50,39	49,91 ± 0,68
+ Arabská guma	15	40,18	40,28	40,23 ± 0,07
+ Arabská guma	30	40,01	40,46	40,24 ± 0,32

\bar{x} průměrná hodnota

σ^2 směrodatná odchylka

Diskuse:

Cílem bylo určit, jak přídavek použitých aditivních látek ovlivňuje titrační kyselost upečených výrobků při třídenním skladování. Z hodnot uvedených v tabulce vyplývá, že nejvyšší

titrační kyselost způsoboval přidavek zlepšujícího přípravku Frosty, což se dalo předpokládat z předchozích stanovení titrační kyselosti těst a čerstvě upečeného jemného pečiva. U výrobků s přidavkem arabské gumy byla titrační kyselost opět téměř totožná se standardem (kontrolním vzorkem). Odchylka vznikla s největší pravděpodobností nepřesným určením bodu ekvivalence. Vlivem třídního skladování došlo ke zvýšení titrační kyselosti všech vzorků, a to průměrně o $10,5 \text{ mmol.kg}^{-1}$. Domnívám se, že daná skutečnost nastala vlivem oxidačních reakcí při skladování.

9.3 Měření reologických vlastností jemného pečiva

1. Měření reologických vlastností čerstvě upečeného pečiva

Pevnost jednotlivých vzorků čerstvě upečeného pečiva je uvedena v tabulce (Tab. 22).

Tab. 22 Naměřená pevnost jednotlivých vzorků čerstvě upečeného pečiva

Vzorky s aditivy	Množství aditiv [g.kg^{-1}]	Pevnost [kg.s^{-1}] $\bar{x} \pm \sigma^2$
Kontrolní	-	$154,67^a \pm 19,82$
+ ZP Frosty	15	$157,08^a \pm 24,66$
+ ZP Frosty	30	$102,01^b \pm 1,65$
+ Arabská guma	15	$121,96^{a,b} \pm 18,76$
+ Arabská guma	30	$105,82^b \pm 3,49$

\bar{x} průměrná hodnota

σ^2 směrodatná odchylka

* indexy a, b značí, zda mezi vzorky na hladině významnosti 5 % existuje či neexistuje významný statistický rozdíl v pevnosti

Diskuse:

Cílem bylo zjistit, zda má přidavek definovaných aditivních látek vliv na pevnost čerstvě upečeného pečiva. Z výše uvedených hodnot vyplývá, že s 95% spolehlivostí byl shledán statisticky významný rozdíl v pevnosti u kontrolního vzorku a vzorku s přidavkem zlepšujícího přípravku Frosty v množství 15 g.kg^{-1} oproti vzorkům s přidavkem zlepšujícího přípravku Frosty v množství 30 g.kg^{-1} a přidavkem arabské gumy taktéž v množství 30 g.kg^{-1} . Na hladině významnosti 5 % nebyl u dalších vzorků shledán statisticky významný rozdíl

v pevnosti. Nejvyšší pevnost vykazoval vzorek s přidavkem zlepšujícího přípravku Frosty v množství 15 g.kg⁻¹ a jako nejméně pevný se jevil vzorek s přidavkem zlepšujícího přípravku Frosty v množství 30 g.kg⁻¹.

Z výsledků lze konstatovat, že přidavek aditivních látek v porovnání s kontrolním vzorkem snižuje pevnost čerstvě upečeného pečiva, ale až za vyšších dávek daného aditiva ve vzorku. Naše výsledky jsou v souladu s tvrzením autorů (Selomulyo et al., 2007; Sharadanant et al., 2003), kteří tvrdí, že přidavek arabské gumy snižuje pevnost pečiva. Výsledky dále souhlasí s tvrzením autora (Selomulyo et al., 2007), který tvrdí, že i přidavek kyseliny askorbové a DATA esterů, jež jsou obsaženy ve zlepšujícím přípravku Frosty, snižuje pevnost pečiva. Domnívám se, že ke snížení pevnosti u zlepšujícího přípravku Frosty došlo účinkem v něm obsažených emulgátorů, jež jsou popsány v kapitole 8.1.1. Vlivem těchto emulgátorů dochází k emulgování tuku v těstě, tj. dokonalejšímu dispergování a zvýšení účinku tuku na těsto (tuk v pečivu zvyšuje jeho měkkost - jemnost) (Müllerová, 1988; Kučerová, 2004; Příhoda a kolektiv, 2003). Taktéž arabská guma má emulgační vlastnosti (Příhoda a kolektiv, 2003), pak tedy platí totéž zdůvodnění jako u zlepšujícího přípravku Frosty.

2. Měření reologických vlastností pečiva tři dny po upečení

Pevnost jednotlivých vzorků pečiva tři dny po upečení uvádí tabulka (Tab. 23).

Tab. 23 Naměřená pevnost jednotlivých vzorků pečiva tři dny po upečení

Vzorky s aditivem	Množství aditiv [g.kg ⁻¹]	Pevnost [kg.s ⁻¹] $\bar{x} \pm \sigma^2$
Kontrolní	-	198,10 ^{a, c} ± 42,57
+ ZP Frosty	15	246,35 ^a ± 18,06
+ ZP Frosty	30	139,10 ^{b, d} ± 18,85
+ Arabská guma	15	170,25 ^{b, c} ± 38,67
+ Arabská guma	30	120,43 ^d ± 11,15

\bar{x} průměrná hodnota

σ^2 směrodatná odchylka

* indexy a, b, c, d značí, zda mezi vzorky na hladině významnosti 5 % existuje či neexistuje významný statistický rozdíl v pevnosti

Diskuse:

Cílem bylo určit, zda přidavek vybraných aditivních látek ovlivňuje pevnost pečiva tři dny po upečení. Z výsledků uvedených v tabulce je zřejmé, že na hladině významnosti 5 % byl shledán statisticky významný rozdíl v pevnosti mezi kontrolním vzorkem a vzorky s přidavkem zlepšujícího přípravku Frosty v množství 30 g.kg^{-1} a přidavkem arabské gumy taktéž v množství 30 g.kg^{-1} . Dále byl s 95% spolehlivostí shledán statisticky významný rozdíl v pevnosti mezi vzorkem s přidavkem zlepšujícího přípravku Frosty v množství 15 g.kg^{-1} a vzorky s ostatními přídávky aditiv. Další statisticky významný rozdíl byl shledán u vzorku s přidavkem arabské gumy v množství 15 g.kg^{-1} oproti vzorku s přidavkem arabské gumy v množství 30 g.kg^{-1} . Mezi dalšími vzorky nebyl shledán na hladině významnosti 5 % statisticky významný rozdíl. Nejvyšší pevnost vykazoval vzorek s přidavkem zlepšujícího přípravku Frosty v množství 15 g.kg^{-1} a za nejméně pevný lze považovat vzorek s přidavkem arabské gumy v množství 30 g.kg^{-1} . Opět s vyšším přidavkem daného aditiva došlo ke snížení pevnosti pečiva. Naše výsledky jsou v souladu s tvrzením autorů (Selomulyo et al., 2007; Sharadanant et al., 2003), kteří tvrdí, že přidavek arabské gumy snižuje pevnost pečiva. Výsledky dále souhlasí s tvrzením autora (Selomulyo et al., 2007), který tvrdí, že i přidavek kyseliny askorbové a DATA esterů, jež jsou obsaženy ve zlepšujícím přípravku Frosty, snižuje pevnost pečiva. Přidavek arabské gumy snižoval pevnost pečiva více než-li přidavek zlepšujícího přípravku Frosty. Skutečnost lze vysvětlit stabilizací vody ve zmrazených produktech arabskou gumou (Příhoda a kolektiv, 2003), ale také tím, že výrobky s přidavkem zlepšujícího přípravku Frosty měly větší pórovitost, tudíž docházelo mnohem dříve a snadněji k vysychání, a tím ke zvyšování pevnosti výrobku.

3. Kombinace pevnosti čerstvě upečeného pečiva a pečiva tři dny po upečení

Kombinaci pevnosti čerstvě upečeného pečiva a pečiva tři dny po upečení uvádí tabulka (Tab. 24).

Tab. 24 Kombinace pevnosti čerstvě upečeného pečiva a pečiva tři dny po upečení

Vzorky s aditivy	Množství aditiv [g.kg ⁻¹]	Pevnost [kg.s ⁻¹] $\bar{x} \pm \sigma^2$
Kontrolní – čerstvé	-	154,67 ^{a, c, d} ± 19,82
Kontrolní – po 3 dnech	-	198,10 ^{a, b, d} ± 42,57
+ ZP Frosty – čerstvé	15	157,08 ^{a, c, d} ± 24,66
+ ZP Frosty – po 3 dnech	15	246,35 ^b ± 18,06
+ ZP Frosty – čerstvé	30	102,01 ^c ± 1,65
+ ZP Frosty – po 3 dnech	30	139,10 ^{a, c, e} ± 18,85
+ Arabská guma – čerstvé	15	121,96 ^{c, e} ± 18,76
+ Arabská guma – po 3 dnech	15	170,25 ^{d, e} ± 38,67
+ Arabská guma – čerstvé	30	105,82 ^c ± 3,49
+ Arabská guma – po 3 dnech	30	120,43 ^{c, e} ± 11,15

\bar{x} průměrná hodnota

σ^2 směrodatná odchylka

* indexy a, b, c, d, e značí, zda mezi vzorky na hladině významnosti 5 % existuje či neexistuje významný statistický rozdíl v pevnosti

Diskuse:

Na hladině významnosti 5 % byl shledán statisticky významný rozdíl v pevnosti mezi kontrolním vzorkem (čerstvé) a vzorkem s přidavkem zlepšujícího přípravku Frosty v množství 15 g.kg⁻¹ (po 3 dnech). Dále byl s 95% spolehlivostí shledán statisticky významný rozdíl v pevnosti mezi kontrolním vzorkem (po 3 dnech) oproti vzorkům s přidavkem zlepšujícího přípravku Frosty v množství 30 g.kg⁻¹ (čerstvé), přidavkem arabské gummy v množství 15 g.kg⁻¹ (čerstvé) a přidavky arabské gummy v množství 30 g.kg⁻¹ (čerstvé i po 3 dnech). Další statisticky významný rozdíl byl shledán mezi vzorkem s přidavkem zlepšujícího přípravku Frosty v množství 15 g.kg⁻¹ (čerstvé) a vzorkem s přidavkem zlepšujícího přípravku

Frosty v množství 15 g.kg^{-1} (po 3 dnech). Na hladině významnosti 5 % byl shledán statisticky významný rozdíl v pevnosti také u vzorku s přidavkem zlepšujícího přípravku Frosty v množství 15 g.kg^{-1} (po 3 dnech) oproti ostatním vzorkům s přidavkem aditiv v množství 15 g.kg^{-1} i 30 g.kg^{-1} (čerstvé i po 3 dnech). Dále byl shledán statisticky významný rozdíl v pevnosti mezi vzorkem s přidavkem zlepšujícího přípravku Frosty v množství 30 g.kg^{-1} (čerstvé) a vzorkem s přidavkem arabské gumy v množství 15 g.kg^{-1} (po 3 dnech). S 95% spolehlivostí byl shledán rozdíl v pevnosti také u vzorku s přidavkem arabské gumy v množství 15 g.kg^{-1} (po 3 dnech) a vzorkem s přidavkem arabské gumy v množství 30 g.kg^{-1} (čerstvé). Mezi dalšími kombinacemi vzorků nebyl na hladině významnosti 5 % shledán statisticky významný rozdíl v pevnosti.

Hlubším zkoumáním tuhosti čerstvého pečiva a pečiva tři dny po upečení lze konstatovat, že nejvyšší změny v tuhosti dosáhl vzorek s přidavkem zlepšujícího přípravku Frosty v množství 15 g.kg^{-1} , naopak nejmenší změnu zaznamenal vzorek s přidavkem arabské gumy v množství 30 g.kg^{-1} . Vyšším množstvím přídatné látky ve vzorku došlo k menší změně v pevnosti (platí pro obě použítá aditiva).

9.4 Senzorická analýza jemného pečiva

1. Senzorická analýza čerstvě upečeného pečiva

Výsledky sensorické analýzy čerstvě upečeného pečiva uvádí tabulka (Tab. 25).

Tab. 25 *Výsledky sensorické analýzy čerstvě upečeného pečiva*

Organoleptické vlastnosti	Medián vzorků				
	A	B	C	D	E
Chuť	2 ^{a, b}	2 ^a	2 ^{a, b, c}	3 ^{b, c}	3 ^c
Vláčnost	3 ^a	2 ^a	2 ^a	3 ^a	3 ^a
Křehkost	3 ^{a, b}	3 ^a	3 ^{a, b}	3 ^{a, b}	4 ^b
Konzistence (textura)	2 ^a	2 ^a	2 ^a	2 ^a	2 ^a
Gumovitost	3 ^a	3 ^a	3 ^a	3 ^a	3 ^a
Vůně	2 ^a	2 ^a	2 ^a	2 ^a	2 ^a
Pórovitost	3 ^a	2 ^b	2 ^b	3 ^{a, b}	4 ^a
Celkové hodnocení (kvalita)	2 ^{a, b}	1 ^a	3 ^{a, b}	2 ^{a, b}	3 ^b

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

** Pro vyjádření sensorických znaků bylo využito ordinální stupnice: chuť (1-výborná až 5-špatná), vláčnost (1-velmi vysoká až 5-velmi malá), křehkost (1-velmi křehká až 5-houževnatá), konzistence/textura (1-nerozpadavá až 5-velmi rozpadavá), gumovitost (1-velmi vysoká až 5-nepatrná), vůně (1-velmi příjemná až 5-nepříjemná), pórovitost (1-velká až 5-nepatrná) a celkové hodnocení/kvalita (1-vynikající až 5-nevyhovující)

- A kontrolní vzorek (standard) bez přídavku aditiva
- B vzorek jemného pečiva s přídavkem zlepšujícího přípravku Frosty v množství 15 g.kg⁻¹
- C vzorek jemného pečiva s přídavkem zlepšujícího přípravku Frosty v množství 30 g.kg⁻¹
- D vzorek jemného pečiva s přídavkem arabské gumy v množství 15 g.kg⁻¹
- E vzorek jemného pečiva s přídavkem arabské gumy v množství 30 g.kg⁻¹

Diskuse:

Cílem sensorické analýzy bylo zjistit, zda přídavek definovaných aditivních látek ovlivňuje vybrané organoleptické vlastnosti čerstvě upečených pečárenských výrobků.

Pořadový test preferencí (součty pořadí) vzorků pečiva byl formulován tak, že čím byl nižší součet pořadí, tím vyšší preference vzorek A-E získal. Z výsledků tohoto testu byl hodnocen jako nejlépe preferovaný vzorek s přidavkem zlepšujícího přípravku Frosty v množství 15 g.kg^{-1} , dále následoval vzorek kontrolní, vzorek s přidavkem zlepšujícího přípravku Frosty v množství 30 g.kg^{-1} a vzorek s přidavkem arabské gummy v množství 15 g.kg^{-1} . Nejméně preferovaným vzorkem byl vzorek s přidavkem arabské gummy v množství 30 g.kg^{-1} . Z výsledků pořadového testu preferencí přesvědčivě vyplynulo, že posuzovatelé dávali přednost vzorkům s přidavkem zlepšujícího přípravku Frosty či čerstvě upečenému jemnému pečivu bez aditivních látek než vzorkům s přidavkem arabské gummy. Naše výsledky nejsou v souladu s tvrzením autora (Asghar et al., 2005), který tvrdí, že přidavek arabské gummy zlepšuje vnější i vnitřní vlastnosti pečiva (textura, zrnitost, barva a jemnost). Domnívám se, že posuzovatelé upřednostňovali tyto vzorky proto, že jsou na jejich chuť zvyklí. Vzorek s přidavkem zlepšujícího přípravku Frosty je totiž výrobek, nacházející se v prodejnách s vlastní pekárnou, který si lidé kupují. A vzorek bez aditivních látek je ve své podstatě výrobek, který si lidé vyrábí sami doma. Arabská guma je v těchto výrobcích pro ně nezvyklá, tudíž ji posuzovatelé nehodnotili příliš kladně. Vzorky s přidavkem zlepšujícího přípravku Frosty také vykazovaly nejvyšší pórovitost (největší objem výrobku), což posuzovatelé hodnotili velmi pozitivně.

Na hladině významnosti 5 % byl shledán statisticky významný rozdíl v chuti čerstvě upečeného jemného pečiva mezi kontrolním vzorkem a vzorkem s přidavkem arabské gummy v množství 30 g.kg^{-1} , kdy přidavkem arabské gummy došlo ke zhoršení chuti výrobku. Dále byl shledán statisticky významný rozdíl v chuti mezi vzorkem s přidavkem zlepšujícího přípravku Frosty v množství 15 g.kg^{-1} a vzorky s přidavkem arabské gummy v množství 15 a 30 g.kg^{-1} , přičemž méně chutné byly opět vzorky s arabskou gumou. Posuzovatelé zaznamenali patrné zhoršení chuti u vzorku s přidavkem arabské gummy v množství 30 g.kg^{-1} oproti kontrolnímu vzorku. U ostatních vzorků s přidavkem aditiv se chuť v porovnání s kontrolním vzorkem výrazně nezměnila.

Dále byl shledán statisticky významný rozdíl v křehkosti mezi vzorkem s přidavkem zlepšujícího přípravku Frosty v množství 15 g.kg^{-1} a vzorkem s přidavkem arabské gummy v množství 30 g.kg^{-1} . Posuzovatelé zhodnotili, že vzorek s přidavkem zlepšujícího přípravku Frosty v množství 15 g.kg^{-1} je křehčí než vzorek s přidavkem arabské gummy v množství

30 g.kg⁻¹. Posuzovatelé nezpozorovali významný rozdíl v křehkosti mezi dalšími kombinacemi vzorků.

S 95% spolehlivostí byl shledán statisticky významný rozdíl také v pórovitosti mezi kontrolním vzorkem a vzorky s přidavkem zlepšujícího přípravku Frosty v množství 15 a 30 g.kg⁻¹. Dále byl shledán statisticky významný rozdíl v pórovitosti mezi vzorky s přidavkem zlepšujícího přípravku Frosty a vzorkem s přidavkem arabské gumy v množství 30 g.kg⁻¹, kdy horší pórovitost vykazoval vzorek s přidavkem arabské gumy. Významnou změnu v pórovitosti k lepšímu zaznamenali posuzovatelé také u všech vzorků s přidavkem zlepšujícího přípravku Frosty ve srovnání s kontrolním vzorkem.

Z výsledků získaných senzoricou analýzou vyplynulo, že nebyl shledán statisticky významný rozdíl v celkovém hodnocení (kvalitě) jednotlivých vzorků čerstvě upečeného jemného pečiva mezi kontrolním vzorkem a vzorky s přidavkem definovaných aditiv. Posuzovatelé pouze zaznamenali lepší kvalitu vzorku s přidavkem zlepšujícího přípravku Frosty v množství 15 g.kg⁻¹ oproti vzorku s přidavkem arabské gumy v množství 30 g.kg⁻¹.

V dalších senzoricích charakteristikách, jako jsou vláčnost, konzistence (textura), gumovitost a vůně, nebyl na hladině významnosti 5 % shledán statisticky významný rozdíl.

2. Sensorická analýza pečiva tři dny po upečení

Výsledky sensorické analýzy pečiva tři dny po upečení uvádí tabulka (Tab. 26).

Tab. 26 *Výsledky sensorické analýzy pečiva tři dny po upečení*

Organoleptické vlastnosti	Medián vzorků				
	A	B	C	D	E
Chuť	3 ^a	3 ^a	3 ^a	3 ^a	3 ^a
Vláčnost	4 ^a	4 ^a	4 ^a	4 ^a	4 ^a
Křehkost	4 ^a	3 ^a	2 ^a	4 ^a	4 ^a
Konzistence (textura)	3 ^a	4 ^b	4 ^b	3 ^{a, b}	3 ^{a, b}
Gumovitost	4 ^a	4 ^a	4 ^a	4 ^a	5 ^a
Vůně	2 ^a	2 ^a	3 ^a	2 ^a	2 ^a
Pórovitost	4 ^a	2 ^{b, c}	2 ^c	3 ^{a, b, c}	4 ^{a, b}
Celkové hodnocení (kvalita)	3 ^a	3 ^a	4 ^a	3 ^a	3 ^a

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

** Pro vyjádření sensorických znaků bylo využito ordinální stupnice: chuť (1-výborná až 5-špatná), vláčnost (1-velmi vysoká až 5-velmi malá), křehkost (1-velmi křehká až 5-houževnatá), konzistence/textura (1-nerozpadavá až 5-velmi rozpadavá), gumovitost (1-velmi vysoká až 5-nepatrná), vůně (1-velmi příjemná až 5-nepříjemná), pórovitost (1-velká až 5-nepatrná) a celkové hodnocení/kvalita (1-vynikající až 5-nevyhovující)

- A kontrolní vzorek (standard) bez přídavku aditiva
- B vzorek jemného pečiva s přídavkem zlepšujícího přípravku Frosty v množství 15 g.kg⁻¹
- C vzorek jemného pečiva s přídavkem zlepšujícího přípravku Frosty v množství 30 g.kg⁻¹
- D vzorek jemného pečiva s přídavkem arabské gumy v množství 15 g.kg⁻¹
- E vzorek jemného pečiva s přídavkem arabské gumy v množství 30 g.kg⁻¹

Diskuse:

Cílem sensorické analýzy bylo určit, zda má přídavek výše jmenovaných přídatných látek vliv na vybrané organoleptické vlastnosti pečiva tři dny po upečení.

Pořadový test preferencí (součty pořadí) vzorků jemného pečiva byl opět formulován tak, že čím byl nižší součet pořadí, tím vyšší preference daný vzorek získal. Z hodnocení posuzovatelů vyplynulo, že nejvíce byl preferován opět vzorek s přidavkem zlepšujícího přípravku Frosty v množství 15 g.kg^{-1} , dále následoval vzorek s přidavkem arabské gumy v množství 15 g.kg^{-1} , vzorek kontrolní a vzorek s přidavkem arabské gumy v množství 30 g.kg^{-1} . Nejméně preferovaným byl tentokrát posuzovateli zvolen vzorek s přidavkem zlepšujícího přípravku Frosty v množství 30 g.kg^{-1} . Z výsledků pořadového testu preferencí bylo zjištěno, že posuzovatelé dávali přednost vzorkům s přidavkem zlepšujícího přípravku Frosty a arabské gumy v množství 15 g.kg^{-1} než jemnému pečivu po třídním skladování bez těchto aditiv, ale upřednostňovali vzorek bez přidavku přídatných látek nad výrobky s přidavkem definovaných aditiv v množství 30 g.kg^{-1} . Naše výsledky jsou částečně v souladu s tvrzením autora (Asghar et al., 2005), který tvrdí, že přidavek arabské gumy zlepšuje vnější i vnitřní vlastnosti pečiva (textura, zrnitost, barva a jemnost). Domnívám se, že posuzovatelé preferovali vzorky s přidavkem aditivních látek v množství 15 g.kg^{-1} proto, že množství přidaného aditiva nijak zvlášť neovlivnilo jeden ze sensorických znaků – chuť, kterému téměř všichni posuzovatelé kladli nejvyšší váhu. Za to v některých jiných charakteristikách tyto vzorky vynikaly, příkladem je např. pórovitost, která byla u vzorků s aditivou vyšší než pórovitost vzorku bez těchto aditiv. Naopak vyšší množství přidavku těchto aditiv bylo nežádoucí, protože jednak způsobovalo vyšší rozpadavost výrobků a jednak už ovlivňovalo chuť těchto vzorků, přestože ve výsledku tato skutečnost není viditelná. Někteří posuzovatelé dokonce zaznamenali pachut' u vzorku s přidavkem zlepšujícího přípravku Frosty, kterou charakterizovali jako nakyslou. U vzorku s přidavkem arabské gumy taktéž zaznamenali někteří posuzovatelé pachut', tu však nedokázali identifikovat.

Na hladině významnosti 5 % byl shledán statisticky významný rozdíl v konzistenci (textuře) jemného pečiva mezi kontrolním vzorkem a vzorky s přidavkem zlepšujícího přípravku Frosty v množství 15 a 30 g.kg^{-1} . Posuzovatelé zaznamenali patrné zhoršení konzistence (textury) u vzorků s přidavkem zlepšujícího přípravku Frosty oproti kontrolnímu vzorku. U vzorků s přidavkem arabské gumy se konzistence (textura) v porovnání s kontrolním vzorkem nezměnila.

S 95% spolehlivostí byl shledán statisticky významný rozdíl v pórovitosti mezi kontrolním vzorkem a vzorky s přidavkem zlepšujícího přípravku Frosty, kdy vzorek s přidavkem zlepšujícího přípravku Frosty měl lepší pórovitost než vzorek kontrolní. Dále byl shledán statis-

ticky významný rozdíl mezi vzorkem s přídavkem zlepšujícího přípravku Frosty v množství 30 g.kg^{-1} a vzorkem s přídavkem arabské gumy v množství 30 g.kg^{-1} , přičemž vzorek s přídavkem arabské gumy vykazoval znatelně horší pórovitost. Významnou změnu v pórovitosti k lepšímu upozorovali posuzovatelé u všech vzorků s přídavkem zlepšujícího přípravku Frosty oproti kontrolnímu vzorku.

V dalších senzorických charakteristikách, jako jsou chuť, vláčnost, křehkost, gumovitost, vůně a celkové hodnocení (kvalita) nebyl na hladině významnosti 5 % shledán statisticky významný rozdíl.

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo zjistit, zda má přidavek definovaných aditivních látek vliv na vybrané chemické vlastnosti (obsah vody, titrační kyselost a pH) pšeničného těsta a vybrané chemické (obsah vody a titrační kyselost), reologické (pevnost) a sensorické (chuť, vláčnost, křehkost, konzistence, gumovitost, vůně, pórovitost a kvalita) vlastnosti čerstvě upečeného jemného pečiva a výrobků tři dny po upečení. Pro tyto účely byly vybrány zlepšující přípravek Frosty a aditivum arabská guma.

Přidavek obou přídatných látek snížil celkový obsah vody u pšeničného těsta. S vyšším přídávkem aditiva došlo k většímu snížení obsahu vody, avšak pouze u zlepšujícího přípravku Frosty. Přidavek vyššího množství arabské gumy již obsah vody dále nesnížil.

Titrační kyselost pšeničného těsta se přídávkem zlepšujícího přípravku Frosty zvyšovala, a to tím více, čím větší množství tohoto aditiva bylo v těstě přítomno. Přidavek arabské gumy titrační kyselost těsta nijak zvlášť neovlivnil.

Přidávkem zlepšujícího přípravku Frosty došlo ke zvýšení aktivní kyselosti pšeničného těsta tím více, čím větší množství jej bylo v těstě. Přidavek arabské gumy pH těsta nijak zvlášť neovlivnil, až při vyšším množství tohoto aditiva došlo k mírnému snížení pH.

Celkový obsah vody v čerstvém pečivu se vlivem přídávků definovaných aditiv snížil. S vyšším přídávkem zlepšujícího přípravku Frosty došlo ke zvýšení obsahu vody oproti nižšímu přídávku tohoto aditiva, s vyšším přídávkem arabské gumy pak ke snížení obsahu vody oproti nižšímu přídávku arabské gumy.

Přidavek zlepšujícího přípravku Frosty snížil celkový obsah vody pečiva tři dny po upečení. Přidavek arabské gumy naopak zvýšil celkový obsah vody, ale pouze při nižším množství tohoto aditiva, vyšší množství arabské gumy mělo srovnatelný obsah vody jako kontrolní vzorek.

Titrační kyselost čerstvého pečiva se přídávkem zlepšujícího přípravku Frosty zvyšovala, a to tím více, čím větší množství tohoto aditiva bylo v těstě přítomno. Přidavek arabské gumy neovlivnil titrační kyselost čerstvých výrobků.

Titrační kyselost pečiva tři dny po upečení se opět přídávkem zlepšujícího přípravku Frosty zvyšovala, a to tím více, čím bylo větší množství tohoto aditiva v těstě. Přidavek arabské gumy mírně snížil titrační kyselost výrobků tři dny po upečení.

Přídavek obou vybraných přídatných látek snížil pevnost čerstvě upečeného pečiva, ale až za vyšších dávek daných aditiv. Taktéž u pečiva tři dny po upečení snížila daná aditiva při vyšším množství jejich pevnost.

Senzorická analýza čerstvého pečiva prokázala pozitivní vliv zlepšujícího přípravku Frosty, a to především na pórovitost výrobků. Přídavek arabské gumy byl hodnocen spíše negativně, kdy došlo především ke zhoršení v chuti.

Senzorická analýza pečiva tři dny po upečení prokázala pozitivní vliv zlepšujícího přípravku Frosty, a to především na pórovitost výrobků, ale zaznamenala horší konzistenci. Přídavek arabské gumy pak nezaznamenal významný vliv na výrobky tři dny po upečení. Avšak při preferenčním testu posuzovatelé hodnotili lépe vzorky s nižším přídavkem aditiv než vzorek bez nich. Vyšší přídavky těchto přídatných látek pak posuzovatelé hodnotili hůře než-li vzorek kontrolní, a někteří dokonce zaznamenali různé pachutě (nakyslou pachut' u zlepšujícího přípravku Frosty a neidentifikovatelnou pachut' u arabské gumy).

Zlepšující přípravek Frosty bych pro výrobky plundrového jemného pečiva doporučila, protože přídavek tohoto aditiva především zvyšuje objem výrobků a zároveň při nižším množství neovlivňuje chuť, což konzumenti ocení. Vzhled a chuť jsou totiž u pekárenských výrobků na prvním místě.

Aditivum arabskou gumu bych pro výrobky plundrového jemného pečiva spíše nedoporučila, snad jen pro delší trvanlivost tohoto pečiva, protože vzorky s přídavkem arabské gumy zaznamenaly nižší pevnost u staršího pečiva než ostatní vzorky. V ostatních charakteristikách však arabská guma nemá nijak zvlášť pozitivní vliv.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ŘEZÁČ, J. Vliv zmrazení na těsto a pečivo (I.). *Pekař cukrář*. 2009, roč. IXX, č. 4, s. 11.
- [2] MÜLLEROVÁ, M., SKOUPIL, J. *Technologie pro 4. Ročník střední průmyslové školy studijního oboru zpracování mouky*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1988, 240 s.
- [3] HAMPL, B., a kolektiv. *Obecná chemická technologie III.: Přehled potravinářského a kvasného průmyslu*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1962, 456 s.
- [4] 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.
- [5] HRUBÝ, J., *Technologie a technika výroby zmrazených potravin*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1986, 360 s.
- [6] ROP, O., VALÁŠEK, P., HOZA, I. *Teoretické principy konzervace potravin I. Hlavní konzervářské suroviny*. 1. vyd. Zlín: UTB ve Zlíně, 2005. 130 s. ISBN 80-7318-339-0.
- [7] ŘEZÁČ, J. Vliv zmrazení na těsto a pečivo (II.). *Pekař cukrář*. 2009, roč. IXX, č. 5, s. 10-11.
- [8] Zákon č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a prováděcí vyhlášky, vyhl. Mze č. 333/1997 Sb. ve znění vyhl. č. 268/2006 Sb.
- [9] KUČEROVÁ, J., *Technologie cereálií*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2004, 141 s. ISBN 978-80-7157-811-6.
- [10] LANGMAIER, F. *Nauka o zboží*. 3. vyd. Zlín: UTB, 2004, 144 s. ISBN 80-7318-173-8.
- [11] 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.
- [12] KADLEC, P. a kolektiv. *Technologie potravin I*. 1. vyd. Praha: VŠCHT v Praze, 2007, 300 s. ISBN 80-7080-509-9.

- [13] HRABĚ, J., ROP, O., HOZA, I. *Technologie výroby potravin rostlinného původu*. 1. vyd. Zlín: UTB, 2006, 178 s. ISBN 80-7318-372-2.
- [14] MATZ, S. A. *Bakery technology and engineering*. 3. vyd. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992, 843 s. ISBN 0-442-30855-8.
- [15] HUI, Y. H. *Food Biochemistry and Food Processing*. 1. vyd. Oxford: Backwell, 2006. 769 s. ISBN 9780813803784.
- [16] CHICHESTER, C. O. *Advances in Food Research*. Boston: Academic Press, 1986. 398 s. ISBN 0-12-016430-2.
- [17] KADLEC, P., MELZUCH, K., VOLDŘICH, M. *Co byste měli vědět o výrobě potravin?: technologie potravin*. 1. vyd. Ostrava: Key Publishing, 2010. 536 s. ISBN 978-80-7418-051-4.
- [18] *Kynutá listová (plundrová) těsta*. [online]. [cit. 2011-05-01]. Dostupný z WWW: <http://www.kontinua.cz/cz_zp_clanek4.php>.
- [19] LAWSON, H. *Food Oils and Fats: technology, utilization and nutrition*. New York: Chapman & Hall, 1995. 339 s. ISBN 0412988410.
- [20] MÜLLEROVÁ, M., CHROUST, F., *Pečeme moderně*. 1. vyd. Pardubice: Kora, 1993, 205 s.
- [21] SLUKOVÁ, M. *Kvalitativní ukazatele pšenice a pšeničných mouk*. [online]. [cit. 2011-05-01]. Dostupný z WWW: <http://www.vscht.cz/main/soucasti/fakulty/fpbt/grant_TRP/dokumenty/06.pdf>.
- [22] PŘÍHODA, J., SKŘIVAN, P., HRUŠKOVÁ, M., *Cereální chemie a technologie I – cereální technologie, mlýnská technologie, technologie výroby těstovin*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2003, 202 s. ISBN 80-7080-530-7.
- [23] KONTINUA, spol. s r. o., divize zlepšujících přípravků, Jak ovlivnit kvalitu pečiva?. *Pekař cukrář*. 2009, roč. IXX, č. 3, s. 18-19.
- [24] KOTRBA, D., SALAQUARDA, J. Sůl: významná pochutina i surovina. *Pekař cukrář*. 2010, roč. XX, č. 10, s. 14.

- [25] CAUVIAN, S. P., YOUNG, L. S. *Baking problems solved*. Boca Raton: CRC Press, 2001. 280 s. ISBN 0849312213.
- [26] EVŽEN, Š. *Starch Technology*. [online]. [cit. 2011-05-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.vscht.cz/sch/www321/starch.pdf>>.
- [27] *Carbohydrates – Chemical Structure* [online]. [cit. 2011-15-03]. Dostupný z WWW: <<http://www.scientificpsychic.com/fitness/carbohydrates1.html>>.
- [28] Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů ve znění zákona č. 301/2009 Sb.
- [29] DRDÁK, M., STUDNICKÝ J., MÓROVÁ, E., KAROVIČOVÁ, J., *Základy potravinářských technologií*. 1. vyd. Bratislava: Malé centrum, 1996, 512 s. ISBN 80-967064-1-1.
- [30] Zákon č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a prováděcí vyhlášky, vyhl. Mze č. 335/1997 Sb. ve znění vyhl. č. 289/2004 Sb.
- [31] Zákon č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a prováděcí vyhlášky, vyhl. Mze č. 331/1997 Sb. ve znění vyhl. č. 419/2000 Sb.
- [32] Zákon č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a prováděcí vyhlášky, vyhl. Mze č. 76/2003 Sb. ve znění vyhl. č. 43/2005 Sb.
- [33] NETUŠIL, J., HOLAS, J., KŘIVÁNKOVÁ, E. *Technologie přípravy pokrmů: pro 2. ročník středních hotelových škol studijní obor provoz hotelů a společného stravování*. 1. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1989. 271 s.
- [34] Zákon č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a prováděcí vyhlášky, vyhl. Mze č. 77/2003 Sb. ve znění vyhl. č. 78/2005 Sb.
- [35] *Stable Micro Systems – World leaders in the measurement of texture and physical properties* [online]. [cit. 2011-1-05]. Dostupný z WWW: <http://www.stablemicrosystems.com/?gclid=CMPqo5mnjKgCFUjxzAodAS_OCw>.
- [36] IREKS ENZYMA s.r.o. Prvotřídní tuky v sortimentu Ireks Enzyma. *Pekař cukrář*. 2010, roč. XX, č. 8, s. 22-24.

- [37] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin 3*. 1. vyd. Tábor: OSSIS, 1999, 368 s. ISBN 80-902391-5-3.
- [38] ODSTRČIL, J., ODSTRČILOVÁ, M. *Chemie potravin*. 1. vyd. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2006. 164 s. ISBN 80-7013-435-6.
- [39] ŠEDIVÝ, P. Přípravky a směsi pro výrobu běžného pečiva. *Pekař cukrář*. 2009, roč. IXX, č. 3, s. 13-15.
- [40] KUBÍK, R. Jak vybrat vhodný zlepšující přípravek?. *Pekař cukrář*. 2010, roč. XX, č. 6, s. 24.
- [41] RIBOTTA, P. D., PÉREZ, G. T., LEÓN, A.E., ANÓN, M.C. Effect of emulsifier and guar gum on micro structural, rheological and baking performance of frozen bread dough. *Food Hydrocolloids*. 2004, č. 18, s. 305–313.
- [42] COLLAR, C., ANDREU, P., MARTINEZ, J. C., ARMERO, E. Optimization of hydrocolloid addition to improve wheat bread dough functionality: a response surface methodology study. *Food Hydrocolloids*. 1999, č. 13, s. 467–475.
- [43] ROSELL, C. M., ROJAS, J. A., BENEDITO DE BARBER, C. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocolloids*. 2001, č. 15, s. 75–81.
- [44] MANDALA, I. G. Physical properties of fresh and frozen stored, microwave-reheated breads, containing hydrocolloids. *Journal of Food Engineering*. 2005, č. 66, s. 291–300.
- [45] RIBOTTA, P. D., LEÓN, A. E., ANÓN, M. C. Effects of freezing and frozen storage of doughs on bread quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2001, č. 49, s. 913–9189.
- [46] BARCENAS, M. E., BENEDITO, C., ROSELL, C. M. Use of hydrocolloids as bread improvers in interrupted baking process with frozen storage. *Food Hydrocolloids*. 2004, č. 18, s. 769–774.
- [47] ASGHAR, A., ANJUM, F. M., TARIQ, M. W., HUSSAIN, S. Effect of carboxymethylcellulose and gum arabic on the stability of frozen dough for bakery products. *Turkish Journal of Biology*. 2005, č. 29, s. 237–241.

- [48] SHARADANANT, R., KHAN, K. Effect of hydrophilic gums on frozen dough. I. Dough quality. *Cereal Chemistry*. 2003, č. 80, s. 764-772.
- [49] KADLEC, P. *Procesy potravinářských a biochemických výrob.* 1. vyd. Praha: VŠCHT v Praze, 2003. 308 s. ISBN 80-7080-527-7.
- [50] VALENTAS, K. J., ROTSTEIN, E. et al. *Handbook of Food Engineering Practice*. 1. vyd. New York: CRC Press LLC, 1997, 718 s. ISBN 0-8493-8694-2.
- [51] LÉTANG, C., PIAU, M. et al. Characterization of wheat flour-water doughs. Part I: Rheometry and microstructure. *Journal of food engineering*. 1999, č. 41, s. 124.
- [52] *Sensory analysis*. [online]. [cit. 2011-05-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.biosystemes.com/sensory-analysis.php>>.
- [53] BUŇKA, F., HRABĚ, J. VOSPĚL, B. *Senzorická analýza potravin I*. 2. vyd. Zlín: UTB, 2010, 157s. ISBN 978-80-7318-887-0.
- [54] ČSN ISO 56 0116-3 *Metody zkoušení pekařských výrobků – Část 3: Stanovení obsahu vody*
- [55] ČSN ISO 56 0116-10 *Metody zkoušení pekařských výrobků – Část 10: Stanovení titrovatelných kyselin*
- [56] SKOUPIL, J., LECJAKSOVÁ, Z. *Chemické kontrolní metody pro 4. ročník SPŠ studijního oboru zpracování mouky*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1988, 280 s.
- [57] DAVÍDEK, J. a kolektiv. *Laboratorní příručka analýzy potravin*. 2. vyd. Praha: SNTL, 1981, 720 s.
- [58] *Firmness measurement of croissants by cutting* [online]. [cit. 2011-3-05]. Dostupný z WWW: <<http://www.stablemicrosystems.com>>.
- [59] ČSN ISO 8586-1 *Senzorická analýza – Obecná směrnice pro výběr, výcvik a sledování činnosti posuzovatelů – Část 1: Vybrání posuzovatelé.*
- [60] KŘÍŽ, O., BUŇKA, F., HRABĚ, J. *Senzorická analýza potravin II*. 1. vyd. Zlín: UTB, 2007, 127 s. ISBN 978-80-7318-494-0.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

\bar{x}	Průměrná hodnota
σ^2	Směrodatná odchylka
- COOH	Karboxylová skupina
- NH ₂	Amidová skupina
- OH	Hydroxylová skupina
- SH	Thiolová skupina
- S-S	Disulfidová skupina
a _w	Aktivita vody
CO ₂	Oxid uhličitý
ČSN	Česká technická norma
DATA	Kyselina diacetylvinná
FN	Falling number (pádové číslo)
G	Index nafouknutí
H ₂ S	Sulfan
I _e	Stupeň elasticity
L	Tažnost
LCO ₂	Tekutý oxid uhličitý
LNO ₂	Tekutý dusík
P	Pevnost
P/L	Konfigurační poměr
SSL	Stearoyllaktylát sodný
W	Deformační energie (síla mouky)
ZP	Zlepšující přípravek

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Model struktury hydratovaného lepkového vlákna [13]	22
Obr. 2 Schematické znázornění přímého způsobu vedení těsta [12]	23
Obr. 3 Oxidace thiolů [2]	33
Obr. 4 Amylóza [27]	34
Obr. 5 Amylopektin [27]	34
Obr. 6 Texturní analyzátor (TA.XT Plus) [35]	50
Obr. 7 Alveografická křivka mouky T 512 (817px x 659px)	56
Obr. 8 Seskládané těstové klonky (mřížky) (2592px x 1944px, 72dpi)	62
Obr. 9 Detail těstového klonku (mřížky) (2592px x 1944px, 72dpi)	62
Obr. 10 Srovnání jednotlivých zmražených těstových klonků (640px x 480px, 72dpi)	63
Obr. 11 Srovnání jednotlivých upečených těstových klonků (640px x 480px, 72dpi)	64
Obr. 12 Kontrolní vzorek jemného pečiva (2592px x 1944px, 72dpi)	104
Obr. 13 Vzorek jemného pečiva s přidavkem zlepšujícího přípravku Frosty v množství 15 g.kg ⁻¹ (2592px x 1944px, 72dpi)	104
Obr. 14 Vzorek jemného pečiva s přidavkem zlepšujícího přípravku Frosty v množství 30 g.kg ⁻¹ (2592px x 1944px, 72dpi)	105
Obr. 15 Vzorek jemného pečiva s přidavkem arabské gumy v množství 15 g.kg ⁻¹ (2592px x 1944px, 72dpi)	105
Obr. 16 Vzorek jemného pečiva s přidavkem arabské gumy v množství 30 g.kg ⁻¹ (2592px x 1944px, 72dpi)	106

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 <i>Přehled fyzikálních vlastností vody a ledu</i> [7]	18
Tab. 2 <i>Nejvýznamnější změny při zmrazování těsta</i> [7]	20
Tab. 3 <i>Průměrné složení pšeničné a žitné mouky</i> [20]	31
Tab. 4 <i>Relativní sladivosti nejznámějších cukrů</i> [11]	39
Tab. 5 <i>Pádové číslo</i> [40]	43
Tab. 6 <i>Mokrý lepek</i> [40]	43
Tab. 7 <i>Parametry mouky T 512</i>	57
Tab. 8 <i>Charakteristiky soli</i>	57
Tab. 9 <i>Charakteristiky cukru</i>	58
Tab. 10 <i>Charakteristiky droždí</i>	58
Tab. 11 <i>Charakteristiky tuku</i>	58
Tab. 12 <i>Charakteristiky zlepšujícího přípravku Frosty</i>	59
Tab. 13 <i>Charakteristiky arabské gumy</i>	59
Tab. 14 <i>Dávkování surovin</i>	60
Tab. 15 <i>Naměřený obsah vody v jednotlivých těstech</i>	69
Tab. 16 <i>Zjištěná titrační kyselost jednotlivých těst</i>	70
Tab. 17 <i>Naměřené hodnoty pH v jednotlivých těstech</i>	71
Tab. 18 <i>Naměřený obsah vody v jednotlivých vzorcích čerstvě upečeného pečiva</i>	72
Tab. 19 <i>Naměřený obsah vody v jednotlivých vzorcích pečiva tři dny po upečení</i>	73
Tab. 20 <i>Zjištěná titrační kyselost jednotlivých vzorků čerstvě upečeného pečiva</i>	74
Tab. 21 <i>Zjištěná titrační kyselost jednotlivých vzorků pečiva tři dny po upečení</i>	75
Tab. 22 <i>Naměřená pevnost jednotlivých vzorků čerstvě upečeného pečiva</i>	76
Tab. 23 <i>Naměřená pevnost jednotlivých vzorků pečiva tři dny po upečení</i>	77
Tab. 24 <i>Kombinace pevnosti čerstvě upečeného pečiva a pečiva tři dny po upečení</i>	79
Tab. 25 <i>Výsledky sensorické analýzy čerstvě upečeného pečiva</i>	81
Tab. 26 <i>Výsledky sensorické analýzy pečiva tři dny po upečení</i>	84

SEZNAM PŘÍLOH

- P I Vliv tvrdosti a kyselosti vody na vedení fermentace těsta
- P II Sensorické hodnocení jemného pečiva
- P III Fotografická dokumentace vzorků jemného pečiva

PŘÍLOHA P I: VLIV TVRDOSTI A KYSELOSTI VODY NA VEDENÍ FERMENTACE TĚSTA

Typ vody		Vhodný typ droždí	Dávka droždí	Další doporučení
Kyselost	Tvrдост			
mírně ky- selá (pH < 7)	měkká	běžné	normální	extrémní případy: sůl nebo Ca- SO ₄ v rozkvasu
	normální	běžné	normální	žádná
	vysoká	běžné	nižší	extrémní případy: slad v rozkvasu
neutrální (pH 7-8)	měkká	běžné	vyšší	žádná
	normální	běžné	normální	žádná
	vysoká	běžné	nižší	slad v rozkvasu
alkalická pH > 8)	měkká	kyselé nebo běžné s CaHPO ₄	vyšší	extrémní případy: CaHPO ₄
	normální	kyselé	normální	žádná
	vysoká	kyselé	nižší	extrémní případy: hodně sladu a kyselina octová nebo mléčná

PŘÍLOHA P II: SENZORICKÉ HODNOCENÍ JEMNÉHO PEČIVA

Jméno a příjmení hodnotitele:

Datum:

Čas:

U pěti předložených vzorků jemného pečiva proveďte sensorické hodnocení.

1. Seřadte vzorky podle pořadového preferenčního testu Vaší preference.

(1 – nejvíce preferovaný; 5 – nejméně preferovaný)

	Vzorek				
	A	B	C	D	E
Pořadí vzorku					

2. Proveďte hodnocení sensorických vlastností u předložených vzorků jemného pečiva.

a) chuť

	Vzorek				
	A	B	C	D	E
1 – výborná					
2 – velmi dobrá					
3 – průměrná					
4 – ještě přijatelná					
5 – špatná					

b) vláčnost

	Vzorek				
	A	B	C	D	E
1 – velmi vysoká					
2 – vysoká					
3 – průměrná					
4 – malá					
5 – velmi malá					

c) křehkost

	Vzorek				
	A	B	C	D	E
1 – velmi křehká					
2 – dosti křehká					
3 – středně křehká					
4 – málo křehká					
5 – houževnatá					

d) konzistence (textura)

	Vzorek				
	A	B	C	D	E
1 – nerozpadavá					
2 – málo rozpadavá					
3 – středně rozpadavá					
4 – dosti rozpadavá					
5 – velmi rozpadavá					

e) gumovitost

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

f) vůně

	Vzorek				
	A	B	C	D	E
1 – velmi příjemná					
2 – příjemná					
3 – průměrná					
4 – méně příjemná					
5 – nepříjemná					

g) pórovitost

	Vzorek				
	A	B	C	D	E
1 – velká					
2 – značná					
3 – střední					
4 – malá					
5 – nepatrná					

3. Proved'te celkové (komplexní) hodnocení předložených pěti vzorků jemného pečiva.

Při hodnocení zohledněte všechny senzorní znaky uvedené výše.

K hodnocení použijte 5-ti bodovou katedrovou jakostní stupnici.

	Vzorek				
	A	B	C	D	E
1 – vynikající					
2 – dobrá					
3 – průměrná					
4 – špatná					
5 – nevyhovující					

HODNOTITELSKÁ STUPNICE

- Pro senzorické hodnocení jemného pečiva

Stupeň	Označení stupně	Definice stupně
1	Vynikající	Jemné pečivo má typickou chuť a vůni po použitých surovinách, bez cizích pachů a příchutí. Má dostatečně výraznou, jemnou a lahodnou chuť i vůni. Výrobek je vláčný, velmi křehký a pórovitý.
2	Dobrá	Chuť a vůně výrobku je harmonická, čistá, bez cizích pachů a příchutí. Připouští se méně výrazná chuť. Textura je vláčná, nadýchaná, homogenní a dosti křehká.
3	Průměrná	Jemné pečivo má průměrnou jakost. Chuť a vůně je prázdnější, málo výrazná a málo harmonická. Textura je mírně sušší nebo mazlavější, středně křehká a pórovitá.
4	Špatná	Chuť a vůně výrobku je neharmonická, kyselejší, sladší nebo s cizí příchutí. Textura je suchá nebo příliš mazlavá, málo křehká. Střídka je rozpadavá nebo nepropečená a málo pórovitá.
5	Nevyhovující	Jemné pečivo je netypické chuti (např. příliš kyselé, málo slané, s kvasničnou nebo cizí příchutí). Vůně je netypická, cizí, zatuchlá apod. Textura je suchá, rozpadavá nebo silně mazlavá s nepatrnými póry. Výrobek je spíše gumovitý.

**PŘÍLOHA P III: FOTOGRAFICKÁ DOKUMENTACE VZORKŮ
JEMNÉHO PEČIVA**



Obr. 12 *Kontrolní vzorek jemného pečiva (2592px x 1944px, 72dpi)*



Obr. 13 *Vzorek jemného pečiva s přidavkem zlepšujícího přípravku Frosty v množství 15 g.kg⁻¹ (2592px x 1944px, 72dpi)*



Obr. 14 Vzorek jemného pečiva s přidavkem zlepšujícího přípravku Frosty v množství 30 g.kg^{-1} (2592px x 1944px, 72dpi)



Obr. 15 Vzorek jemného pečiva s přidavkem arabské gummy v množství 15 g.kg^{-1} (2592px x 1944px, 72dpi)



Obr. 16 *Vzorek jemného pečiva s přidavkem arabské gummy v množství $30 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ (2592px x 1944px, 72dpi)*