Vliv surovin na vlastnosti mechanicky kypřeného pečiva

Kateřina Černá

Bakalářská práce
2023

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	**Kateřina Černá**
Osobní číslo:	**T20527**
Studijní program:	**B0721A210002 Technologie a hodnocení potravin**
Specializace:	**Technologie potravin**
Forma studia:	**Kombinovaná**
Téma práce:	**Vliv surovin na vlastnosti mechanicky kypřeného pečiva**

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část
Charakteristika mechanicky kypřeného pečiva.
Základní suroviny pro výrobu mechanicky kypřeného pečiva.
Možnosti využití dalších surovin.
II. Praktická část
Charakteristika použitého materiálu.
Popis metody výroby.
Popis výsledků.
Formulace závěrů.

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

Seznam doporučené literatury:

[1] Moiraghi, M., de la Hera, E., Pérez, G. T., & Gómez, M. (2013). Effect of wheat flour characteristics on sponge cake quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *93*(3), 542-549
[2] Rodríguez-García, J., Sahi, S. S., & Hernando, I. (2014). Optimizing mixing during the sponge cake manufacturing process. *Cereal Foods World*, *59*(6), 287-292
[3] Puchol-Miquel, M., Palomares, C., Fernández-Segovia, I., Barat, J. M., & Perez-Esteve, É. (2021). Effect of the type and degree of alkalization of cocoa powder on the physico-chemical and sensory properties of sponge cakes. *LWT*, *152*, 112241
[4] Feldman, E. B. (2002). The scientific evidence for a beneficial health relationship between walnuts and coronary heart disease. *The Journal of nutrition*, *132*(5), 1062S-1101S.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Romana Šebestíková**
Ústav technologie potravin

Datum zadání bakalářské práce: **31. prosince 2022**
Termín odevzdání bakalářské práce: **19. května 2023**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

Ing. Robert Gál, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 20. února 2023

PROHLÁŠENÍ AUTORA
BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji 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;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – 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);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Tato práce definuje druhy mechanicky kypřeného pečiva. Popisuje způsob jejich výroby. Shrnuje současné poznatky o faktorech určujících jejich kvalitu a identifikuje technologické vlastnosti surovin, které jsou při výrobě používány. Mezi hlavní složky mechanicky kypřeného pečiva patří pšeničná mouka, slepičí vejce a cukr. Byly pečeny vzorky tohoto druhu pečiva, ve kterých byly hlavní složky nahrazeny jinými. Vzorky byly podrobeny texturní analýze a porovnány se standardem. Na základě zjištěných dat bylo vyhodnoceno, že tvrdost vzorku ovlivní granulace použitých surovin, soudržnost zlepšuje voda a aquafabu lze použít jako rostlinnou náhradu vaječných bílků při mechanickém kypření.

Klíčová slova: vaječný bílek, vaječný žloutek, mechanické kypření, sacharóza, pšeničná mouka

ABSTRACT

The main ingredients of foam type cakes are wheat flour, hen eggs, sugar. This review defines foam-type cakes, describes how they are made, summarizes the current knowledge of factors determining their quality and identifies technological properties of the raw materials used in production. Samples were baked in which the main ingredients were replaced by others. The samples were analyzed on texture analyzer after baking. Based on the obtained data it was evaluated that the hardness of the sample will affect the granulation of the raw materials used, the cohesion improves the water, and aquafaba can be used as a vegetable substitute for egg whites during mechanical leavening.

Keywords: egg white, egg yolk, foam-type cake, sucrose, wheat flour

Velice děkuji paní Ing. Romaně Šebestíkové za vždy vstřícný, trpělivý a laskavý přístup při zpracování bakalářské práce. Děkuji i RNDr. Ivě Burešové, Ph.D. za cenné rady a věcné připomínky.

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

OBSAH

ÚVOD **9**
I TEORETICKÁ ČÁST **10**
1 MECHANICKÉ KYPŘENÍ PEČIVA **11**
1.1 HISTORIE MECHANICKÉHO KYPŘENÍ 11
1.2 PODSTATA MECHANICKÉHO KYPŘENÍ 12
1.2.1 Šlehatelnost bílku 13
1.2.2 Vady bílkové pěny 13
1.2.3 Pochody probíhající v pěně při pečení 14
2 SUROVINOVÉ SLOŽENÍ MECHANICKY KYPŘENÝCH TĚST **16**
2.1 ZÁKLADNÍ SUROVIN 16
2.1.1 Vejce 16
2.1.2 Cukr 17
2.1.3 Mouka 17
2.2 OSTATNÍ SUROVINY 18
2.2.1 Tuky 19
2.2.2 Kakao 19
2.2.3 Ořechy 20
2.2.4 Voda 20
2.2.5 Škrob 21
2.2.6 Aquafaba 21
2.2.7 Bezlepková mouka 22
2.2.8 Invertní cukr 22
2.2.9 Aromata 23
3 VLIV SUROVIN NA NUTRIČNÍ VLASTNOSTI MECHANICKY KYPŘENÉHO PEČIVA **24**
4 PEČIVO Z MECHANICKY KYPŘENÝCH HMOT **26**
4.1 LEHKÉ ŠLEHANÉ HMOTY 26
4.2 NAHŘÍVANÉ ŠLEHANÉ HMOTY 26
4.3 ZVLÁŠTNÍ DRUHY ŠLEHANÝCH HMOT 26
4.4 TĚŽKÉ ŠLEHANÉ HMOTY 27
5.1 TEXTURNÍ PROFILOVÁ ANALÝZA 29
II PRAKTICKÁ ČÁST **31**
6 CÍL PRÁCE **32**
7 MATERIÁL A METODIKA PRÁCE **33**
7.1 POUŽITÉ SUROVINY 33
7.1.1 Základní suroviny 33
7.1.2 Další suroviny 33

7.2 POUŽITÉ PŘÍSTROJE A ZAŘÍZENÍ 33
7.3 VÝROBA LABORATORNÍCH VZORKŮ 34
7.3.1 Postup přípravy laboratorních vzorků 34
7.3.2 Postup měření textury vzorků 35
8 VÝSLEDKY A HODNOCENÍ 37
8.1 VYHODNOCENÍ TEXTURNÍCH VLASTNOSTÍ KORPUSŮ Z TĚŽKÝCH ŠLEHANÝCH HMOT 38
8.2 VYHODNOCENÍ VLIVU INVERTNÍHO CUKRU NA STÁRNUTÍ PEČIVA Z TĚŽKÝCH ŠLEHANÝCH HMOT 41
ZÁVĚR 43
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY 44
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK 48
SEZNAM OBRÁZKŮ 49
SEZNAM TABULEK 50

ÚVOD

Mechanicky kypřené pečivo je základ dalších výrobků a dortů. Z celkového množství cukrářské výroby obsahují téměř dvě třetiny výrobků korpusy ze šlehaných hmot. Korpusy jsou kypřeny tradičním způsobem, tedy výhradně mechanicky. Tento způsob kypření je založen na schopnosti bílku tvořit při určitých podmínkách a použití dalších surovin pevnou a objemnou pěnu.

Teoretická část mojí bakalářské práce je přehled různých faktorů, které pěnivost bílku mohou ovlivnit. Jsou zde charakterizovány suroviny používané při výrobě takto kypřeného pečiva a jejich vliv na koncový výrobek. Dále je uvedena technologie výroby šlehaných hmot a teoretický popis texturní analýzy.

Praktická část byla věnována pečení korpusů z těžkých šlehaných hmot, které patří svým surovinovým složením mezi nejkvalitnější dortové korpusy. Jsou pevné, pružné s drobnými póry, na řezu hladké. Těžké se jim říká kvůli jejich větší měrné hmotnosti, kterou způsobuje přídavek tuku do těsta. Po upečení musí být nadýchané a jemné.

Při výrobě korpusů byly z části nebo zcela zaměněny základní recepturní suroviny (cukr krystal, vejce slepičí, mouka pšeničná hladká) jinými a byl sledován vliv těchto surovin na texturní vlastnosti tohoto typu pečiva.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 MECHANICKÉ KYPŘENÍ PEČIVA

Kypřením těsta se zvyšuje jeho pórovitost, objem a křehkost finálního produktu. Kypřené pečivo je lépe stravitelné.

Pečivu se kyprosti dodává různým způsobem. V praxi je při výrobě cukrářských a pekařských výrobků využíváno tří způsobů kypření. Biologického, při kterém jsou používány mikroorganismy a kvasinky, zejména rod *Sacharomyces cerevisiae*. Dále pak chemického za použití hydrogenuhličitanu sodného nebo amonného. Třetí možností kypření je způsob fyzikální, jehož podstata spočívá ve vytvoření malých bublinek v bílku slepičích vajec mechanickým působením. Bublinky jsou vytvářeny zejména intenzivním šleháním. V tomto případě je kypřidlem vzduch, popřípadě vzduch s vodní parou při následném zahřátí hmoty (Příhoda,1991).

Mechanického kypření lze využít při výrobě pečiva bez přidání dalších látek podporujících kyprost. Zároveň však mohou vzduchové póry vzniklé během šlehání sloužit jako nukleační zárodky pro další kypřící plyny, pokud jsou součástí receptury biologická nebo chemická kypřidla. Výhoda mechanického kypření spočívá v lehkosti, vláčnosti a objemnosti konečného výrobku. Výrobky kypřené výhradně mechanicky jsou ušetřeny pachuti z chemických kypřících prostředků (Příhoda 1991; Burešová, Lorencová 2013).

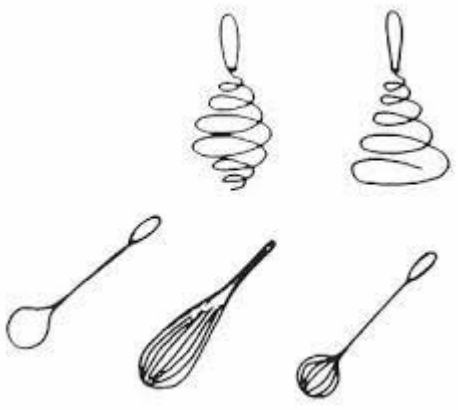
1.1 Historie mechanického kypření

Dochované recepty z dob starého Říma svědčí o použití sněhu z bílků k úpravě různých kaší a pečiva (Klopfštoková, 2012).

Jiné historické prameny hovoří o využití bílkové pěny při výrobě cukrářských výrobků na středověkém francouzském a ruském královském dvoře. Názvy některých moučníků, které z této doby pocházejí (například bezé), ukazují na využití této techniky kypření. Z této doby pocházejí i receptury na výrobu bílkové pěny, kde je často zmiňováno použití měděného nádobí, ve kterém byla pěna šlehána (Klopfštoková, 2012; Mcgee et al., 1984).

K mechanickému kypření je zapotřebí metel. O použití prvních metel ke šlehání mnoho informací není a jedná se spíše o domněnky historiků. Je však jisté, že Japonci používali metličky bambusové. Dnešní známé metly suplovaly svazečky větviček nebo palmových listů. První písemná zmínka o metle ke šlehání se vyskytuje v kuchařce vydané v Londýně roku 1765. V měšťanských domácnostech se různě upravené drátěné metly ke šlehání sněhu objevovaly od 19.století. Metly používané v této době jsou ukázány na obrázku 1.

V modernější době se metly staly součástí složitějších strojů. S příchodem elektrického šlehače v roce 1885 bylo mechanické kypření bílků posunuto na navou úroveň (Kubásková, 2011; Snodgrass, 2004; Mcgregor, 2023).



Obrázek 1- *Ukázka pevných a pružných šlehacích metel*. (převzato: Mcgregor, 2023)

1.2 Podstata mechanického kypření

Podstatou mechanického kypření je schopnost vaječného bílku vytvářet pěnu. Bílková pěna je soustava dvou látek, kde je látka plynná (vzduch) rozptýlena v prostředí viskózní kapaliny (bílku). Vzduch je do bílků vháněn mechanicky pomocí šlehací metly. Při šlehání dochází k denaturaci vaječných proteinů, které tak mají schopnost rychle se absorbovat na mezifázové rozhraní kapalina – vzduch. Zde vytvářejí viskoelastický film, kterým je vzduch vháněný šleháním do hmoty uzavřen do bublin. Šleháním tedy vzniká pěna, která je základem šlehaných hmot a některých náplní. (Bláha et al., 2019; Mine, 1995).

Schopnost tvořit pěnu má i žloutek. Pěna ze žloutků je však méně stabilní než pěna bílková. Je měkká, viskózní s velkými bublinami, které mají tendenci ke stékání. Objem žloutkové pěny je při shodných podmínkách menší než objem pěny bílkové. Větší hustoty, pevnosti a objemu pěny lze dosáhnout přídavkem cukru nebo teplé vody. Pěnotvorné vlastnosti žloutku je spolu s hlavním kypřidlem – pěny z bílku využíváno k docílení požadované struktury výrobku (Kříž, 1997; Simeonová, 1999).

1.2.1 Šlehatelnost bílku

Šlehatelnost je schopnost vaječného bílku vytvářet objemnou, pevnou a stálou pěnu. Mimo jiné faktory je závislá na viskozitě a povrchovém napětí šlehaných bílků. Čím nižší je povrchové napětí šlehaného bílku, tím větší je jeho šlehatelnost. Viskozita je významnou technologickou veličinou. Technologicky hodnotnější jsou bílky více viskózní (Kadlec, 2002; Bláha et al., 2019; Halliday et al., 2013).

Šlehatelnost vaječných bílků lze podpořit přídavkem malého množství organické kyseliny (ocet, roztok kyseliny citronové, citronová šťáva), soli nebo studené vody. Přídavek cukru zase zajistí pěnu dlouhodobě stabilní. Opačný efekt má žloutek, který se do bílků dostane při vytloukání. Fosfolipidy, které obsahuje zvýší povrchové napětí bílků natolik, že ztrácejí svou pěnotvornou schopnost (Bláha et al., 2019; Simeonová, 1999; Steinhauserová et al., 2003).

Na tvorbu bílkové pěny má vliv i teplota bílků a jejich stáří. Pěna je tvořena rychleji bílky z čerstvých vajec, oproti tomu je stabilnější pěna ze starších vajec. Optimální teplota bílku pro šlehání je v blízkosti 20 °C (Bovšková, Míková, 2011; Kříž, 1997).

Důležité pro vznik kvalitní pěny je technologické vybavení. Nejvhodnější nádoba na šlehání bílků je měděná mísa. Měď je reaktivní kov a bílky s ní reagují. Sníh, tak může být vyšlehán na maximum a nehrozí přešlehání. Maximálního vyšlehání bílků lze dosáhnout i správnou volbou šlehače a metel. Rychlost otáček metel během šlehání má na tvorbu pěny nesporný vliv. Za optimální je považována střední rychlost 200-430 otáček za minutu. Vždy je však důležité, aby bylo používané nádobí a náčiní zbaveno veškeré mastnoty a nečistot. Tuk obecně šlehatelnost bílků snižuje (Dodok, 1988; Luck, Foegedin, 2008).

1.2.2 Vady bílkové pěny

Mezi nejčastější vady bílkové pěny patří její řídnutí. Tato vada vzniká porušením velice tenkého viskoelastického filmu, který obklopuje vzduchové bubliny vzniklé během šlehání. Příčinou vzniku řídké pěny může být přešlehání bílků. Při dlouhodobém šlehání nebo při použití metel s příliš vysokými otáčkami se tvoří velké bubliny, které nevydrží následné mechanické namáhání při míchání. Praskají, vzduch uniká, hmota klesá a řídne. Vada řídnutí vzniká i při nedostatečném šlehání bílků. Pěna se tvoří v tomto případě pomalu a má malý objem. K řídnutí pěny může dále dojít neopatrným vmícháním ostatních recepturních surovin nebo pozdním zpracováním již vyšlehaných bílků. S připravenou

pěnou je důležité během dalšího zpracování pracovat opatrně a rychle (Bláha et al., 2019; Půlpánová, 2001).

Mezi vady bílkové pěny lze zařadit i její přílišnou hustotu, která je důsledek nedodržením poměru surovin v receptuře nebo její zborcení během pečení – vzniku takzvaného brousku. Tento jev svědčí o mechanických nárazech hmoty při pečení a prudkém vniknutí studeného vzduchu do pečicího prostoru před sražením bílkovin (Půlpánová, 2001).

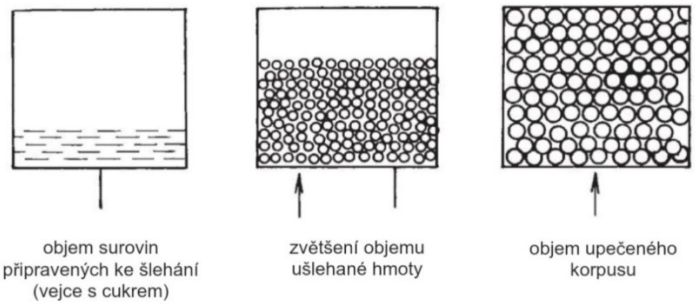
Obrázek 2 - *(1) kvalitní bílková pěna, (2) řídká bílková pěna.*

1.2.3 Pochody probíhající v pěně při pečení

Pečení je z hlediska jakosti výrobku rozhodující etapou výrobního procesu. Při prohřívání hmoty se vzduch uzavřený v bublinách rozpíná a ty zvětšují objem hmoty asi o jednu třetinu. Zároveň se vytváří tvar, struktura, textura, chuť, vůně a barva výrobku. Na obrázku č.3 je znázorněno zvětšování objemu pěny během výrobního procesu (Burešová, Lorencová, 2013; Dodok, 1988; Půlpánová, 2001).

V průběhu pečení denaturují vaječné bílkoviny. Následkem denaturace uvolní vaječná bílkovina vodu a dalším působením teploty se srazí. Tím dojde k fixaci vzduchových bublin, které si po úniku vzduchu zachovají nabytý tvar. Vodu uvolněnou bílkovinami přijímají škroby obsažené v použité mouce, které následkem zahřívání bobtnají a mazovatí. Vlivem větších teplot následně vysychají a hmotu zpevní. Teplota, při které k těmto procesům dochází, závisí jak na obsahu vody, tak na obsahu cukru ve hmotě. Přidáním cukru se teplota denaturace bílkovin a mazovatění škrobu zvyšuje. Obecná teplota mazovatění škrobů je uváděna přibližně 85° C. Oba jevy společně určují strukturu

mechanicky kypřeného pečiva. Během pečení dosáhne spodní část hmoty vyšších teplot dříve než střední a vrchní část. Struktura korpusu je tedy formována nejprve dole (Bláha et al., 2019; Perry, Donald, 2002; Půlpánová, 2001).



Obrázek 3 - *Postupné zvětšování objemu pěny během výrobního procesu.* (převzato: Bláha et al., 2019)

2 SUROVINOVÉ SLOŽENÍ MECHANICKY KYPŘENÝCH TĚST

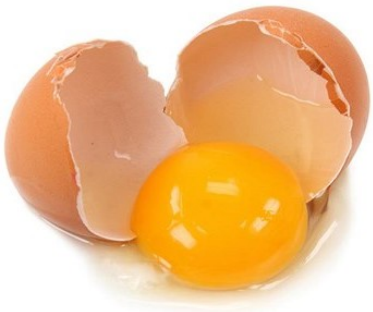
Použité suroviny a přísady musí být vyrobené pro potravinářské účely a musí odpovídat požadavkům příslušných norem nebo receptur. Jakost použitých surovin udává kvalitu finálního produktu. Dělit je lze na ty co mají především technologické vlastnosti – tvoří kostru výrobku a na ty, které zlepšují jeho organoleptickou stránku. Správně zvolené a použité suroviny urychlují postup výroby, stabilizují výsledek, a zjednodušují práci (Skoupil, 1994).

2.1 Základní surovin

Základními surovinami pro výrobu mechanicky kypřeného pečiva jsou vejce a cukr. Ve většině receptur na mechanicky kypřená těsta je k základním složkám řazena i mouka (Burešová, Lorencová, 2013).

2.1.1 Vejce

Pro výrobu mechanicky kypřených hmot jsou to skořápková slepičí vejce. Mají nejen pěnotvornou schopnost. Což je vlastnost nepostradatelná při výrobě mechanicky kypřeného pečiva, ale zlepšují i jeho vzhled, chuť a nutriční hodnotu. Díky svým vlastnostem působí bílek a žloutek jako zvlhčovací a emulgační prvek. Bílek a žloutek je vidět na obrázku 4. Kromě čerstvých vajec lze používat i vejce sušená nebo mražená, ale výrobky, ve kterých byla použita nedosahují takové kvality jako výrobky, kde byla použita vejce čerstvá (Bláha et al., 2019; Simeonová, 1999).



Obrázek 4 - *Slepičí vejce, bílek, žloutek, skořápka.* (převzato: nasevejce.cz, 2010)

Při výrobě lze využít oddělené bílky a žloutky nebo jejich směs. Směs bílků a žloutků zvyšuje pružnost hmoty, ale pečivo je pak menší a není tak křehké. Oddělený bílek do

hmoty přidáváme jako pevný a objemný ušlehaný sníh. Šleháním lze objem bílku zvětšit až osmkrát. Správně ušlehaný sníh nevytéká při naklonění z mísy a při zvednutí šlehací metly tvoří pevné špičky. Žloutky jsou oproti bílkům tučné. Používá se jich pro zkvalitnění pečiva, které je pak jemnější, chutnější a vláčnější. V recepturách, kde je složkou výrobku tuk, působí žloutky jako emulgátor při jeho rozptylování (Skoupil, 1994).

2.1.2 Cukr

Cukr je spolu s vejci nepostradatelnou surovinou pro vytvoření pevné bílkové pěny. Ovlivňuje nejen její technologické vlastnosti, protože ji stabilizuje, ale dodává pečivu sladkou chuť, barvu, zvyšuje jeho křehkost a prodlužuje výrobku trvanlivost. Do mechanicky kypřených hmot se používá cukr sacharóza (Bláha et al., 2019).

Cukr má výborné stabilizační vlastnosti. Během šlehání se používá ke zpevňování pěny nikoli k navýšení objemu. Úměrné množství cukru ke zpevnění bílkové pěny jsou dvě třetiny hmotnosti bílků. Při použití menšího množství je pěna méně stabilní. Naproti tomu nadměrné množství cukru omezí příjem vzduchu do bílků. Hmota ztěžkne a pečivo při pečení takzvaně spadne. Větší přídavek cukru zároveň zpomaluje bobtnání bílkovin mouky, protože většina tekutiny v těstě je spotřebována na jeho rozpuštění (Půlpánová, 2001).

Na konečné vlastnosti pečiva má vliv i granulace cukru. Krystaly cukru protínají při šlehání velké vzduchové bubliny. Vytvářejí menší vzduchové bublinky, které jsou stálejší a sníh je pak pevnější. Nejvhodnější pro šlehání bílků je cukr s menšími krystaly. Příznivě působí na stejnoměrnost vzduchových bublinek ve šlehaných bílcích. Hrubý krystalový cukr se k výrobě nehodí. Hrubé krystaly cukru se během šlehání nestačí rozpustit a konečné šlehané výrobky mají na povrchu skvrny. Pro šlehání bílkového sněhu je rovněž nevhodný moučkový cukr. Při rychlém rozpouštění způsobuje dehydrataci vaječných bílků a snižuje jejich šlehatelnost. Objem vzniklé pěny je pak malý. (Bláha et al., 2019; Půlpánová, 2001).

2.1.3 Mouka

Mouka je mlýnský produkt získaný mletím zrn. Je spolu s vejci a cukrem základní surovinou pro výrobu cukrářských výrobků. Pro výrobu mechanicky kypřeného pečiva je používána především mouka pšeničná. Dominantním druhem pšenice pro mletí této mouky je pšenice obecná (*Triticum aestivum* L). Dělí se na kultivary pšenice s tvrdým a měkkým

zrnem. Pšenice s tvrdým zrnem se používá k výrobě chleba, zatímco pšenice s měkkým zrnem je vhodná právě pro výrobu mechanicky kypřeného pečiva. Zrno a klas pšenice jsou zobrazeny na obrázku 5 (Delcour, Hoseney, 2010; Moiraghi et al., 2013).

Obrázek 5 - *Pšeničná mouka hladká*. (převzato: vyzivaspol.cz)

Obecně platí požadavek, že mouka musí pocházet ze zdravé pšenice. Musí být nepoškozená tepelně, chemicky a enzymově. Nesmí se v ní nacházet cizí mechanické nebo biologické příměsi. Na finální výrobek má vliv nejen kvalita použité mouky, ale i obsah lepku. Na rozdíl od pekařských výrobků nevede u mechanicky kypřeného pečiva vyšší obsah silnějšího lepku k objemnějším výrobkům, ale k výrobkům příliš kompaktním a tuhým, což je u tohoto typu pečiva považováno za horší kvalitu. Mouka je důležitá pro dobrou pečivost výrobku, neboť fyzikálně-chemickými změnami při pečení dodává výrobku tvar, klenutost, objemnost a pórovitost. Je dobré ji při použití do hmoty prosít, aby se provzdušnila. Bez mouky lze vyrábět jen málo druhů mechanicky kypřeného pečiva. Pečivo vyráběné bez přídavku mouky jsou například sněhové pusinky (Pažout et al., 2012; Skoupil, 2005).

Pro výrobu mechanicky kypřeného pečiva je vhodnější použití mouky s jemnější granulací. Jemně mleté mouky mají zvýšený počet mechanicky narušených škrobových zrn. Povrch částic je tímto relativně větší. Mají vždy vyšší vaznost vody a nižší teplotu mazovatění škrobů. Upečený výrobek je pak objemnější a má měkčí střídku než při použití hruběji granulované mouky (Moiraghi et al., 2013).

2.2 Ostatní suroviny

Při výrobě mechanicky kypřeného pečiva se často využívá vlastností dalších surovin. Mohou to být tuky, kakao, ořechy, voda, invertní cukr, škrob, aquafaba a bezlepkové

mouky. Tyto suroviny především zlepšují chuť, vůni a další organoleptické vlastnosti konečného výrobku. Některé z těchto surovin je žádoucí použít pří výrobě mechanicky kypřeného pečiva i v případě, že má strávník změněné stravovací návyky, alergii či nesnášenlivost na některou ze základních složek.

2.2.1 Tuky

Díky přídavku tuku do hmoty si upečené výrobky udržují vláčnost delší dobu. Tuky zvyšují měkkost, jemnost výrobku, a také příznivě ovlivňují jeho stárnutí. Nevýhodou přídavku tuku do mechanicky kypřené hmoty je náročnější příprava a delší pečení. Po přídavku tuku má hmota větší měrnou hmotnost. Může docházet ke zborcení vzduchových bublin vzniklých při šlehání bílků a upečené korpusy mohou mít menší objem (Bláha et al., 2001).

Pokud receptura mechanicky kypřeného pečiva obsahuje tuk, je nejčastěji používán tekutý rostlinný olej. Tuhé tuky například máslo, je třeba před použitím rozpustit, ne však přepálit. Máslo pečivo ochutí a přítomnost vody v másle příznivě ovlivňuje kypření hmoty během pečení. Lze použít i měkké emulgované rostlinné tuky. Tyto tuky jsou schopné přijímat a rovnoměrně distribuovat vzduch, což přispívá k nakypřenosti výrobku. Schopnost tuku přijímat a distribuovat vzduch je dána množstvím, velikostí a strukturou tukových kuliček (Burešová, Lorencová, 2013; Půlpánová, 2001; Skoupil 1994).

2.2.2 Kakao

Kakaový prášek-kakao je surovina získaná z plodu kakaovníku. Dle zpracování je prášek dělen na přírodní a holandský. Výhodou mechanicky kypřeného pečiva je, že neobsahuje chemické kypřidlo, které by s kakaem reagovalo. Je možné použít jak kakao přírodní, které je acidní a hořké, tak kakao alkalizované, které má neutrální pH (Bláha,1996).

Holandské kakao je alkalizované, přidáním regulátorů kyselosti (uhličitan draselný, vápenatý, uhličitan sodný nebo hydroxid sodný). Tyto regulátory neutralizují kyselou a hořkou chuť. Použitá činidla a intenzita alkalizace vlastnosti kakaa ovlivňují a mají zásadní vliv na jeho barvu. Vlastnosti kakaového prášku předurčují fyzikálně-chemické a senzorické vlastnosti výrobku, kde bylo přidáno do receptury. Hmoty, do kterých je přidáváno kakao alkalizované ve vysokém stupni, jsou obecně tmavší a méně elastické. Po upečení jsou tmavší i výrobky z těchto hmot. Konzistence upečeného výrobku, do kterého bylo přidáno kakao, je vláčná, křehká až rozsýpavá a jemně porézní. Barevná škála kakaa

alkalizovaného v různých stupních je vidět na obrázku 6 (Puchol et al., 2021; Půlpánová, 2001; Skoupil, 2005).

Obrázek 6 - *Vliv alkalizace na barvu kakaového prášku*. (převzato: vitalia.cz)

2.2.3 Ořechy

Ořechy jsou ingredience, která přidá pečivu chuť typickou pro použitý druh a změní jeho texturu. Do mechanicky kypřených těst jsou přidávány jako náhrada odebrané mouky v různém poměru. Výměna pšeničné mouky za ořechy mění fyzikální vlastnosti pečiva. Zvýšený obsah ořechů činí hmotu těžkou, takže vyžaduje zvláštní opatrnost při zpracování i pečení. Pokud nedojde ke zborcení vzduchových bublin vlivem špatného vmíchání sypké směsi, je po upečení pečivo s přídavkem ořechů méně pórovité, křehké až rozsýpavé, avšak ořechy jako olejnatá přísada přidávají korpusu na vláčnosti (Bláha et al., 2019).

2.2.4 Voda

Voda se vyskytuje téměř v každé potravině. Ovlivňuje nejen texturu, chuť, vůni a vzhled výrobku, ale podílí se i na tvorbě střídky Používaná voda musí být určená pro lidskou spotřebu, musí být pitná. Díky svým vlastnostem je voda pevně vázána na bílkoviny a polysacharidy. Škrob váže vodu na 50-65 % své hmotnosti bílkovina až na dvojnásobek své váhy. Při pečení mechanicky kypřených výrobků je nejvíce používána hladká mouka, která má více narušených škrobových zrn a tím je schopna navázat více vody. Její množství v hmotě má při pečení významnou roli. Vodní pára, která se vyvíjí během pečení, podporuje mechanické kypření. Tato interakce vody a ostatních použitých surovin ovlivňuje mimo dalších faktorů i objemnost korpusu (Skoupil, 2005; Šedivý, Albrecht, 2014).

Přídavkem studené vody do bílků před šleháním lze zvýšit našlehaný objem až o jednu třetinu, aniž by se snížila stabilita pěny. Zašleháním horké vody do žloutků dojde ke snížení povrchového napětí, které je zvyšované přítomností lipidů a zlepší se jejich šlehatelnost. Žloutková pěna tak získá na objemu (Bláha, 2001).

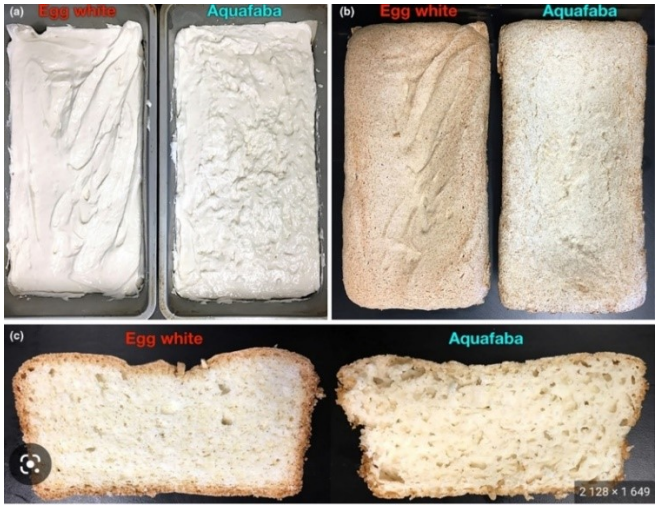
2.2.5 Škrob

Nejčastěji používané škroby jsou pšeničný, kukuřičný nebo bramborový. Při výrobě mechanicky kypřeného pečiva je škrob využíván pro své technologické a nutriční vlastnosti. Používá se při přípravě bezlepkových výrobků, kdy zcela nahrazuje mouku pšeničnou nebo jím může být pšeničná mouka nahrazena jen částečně pro zlepšení texturních vlastností výrobku. Škrob při pečení vytváří škrobový maz se surovinami, ve kterých je obsažena voda. Tuto vodu na sebe váže. Díky této schopnosti a vlivem vysokých teplot používaných při pečení vzniká velké množství pórů. Pečivo, kde byl použit škrob, je pórovitější, lehčí a objemnější než pečivo, kde škrob přidán nebyl. Škrob se též podílí na tvorbě kůrky výrobku a jeho barvě (Skoupil, 1994).

2.2.6 Aquafaba

Rostlinné ingredience se jako náhražky živočišných surovin dnes těší velké oblibě. Důvodem k tomu může být vzrůstající alergicita nebo stravovací preference spotřebitelů. V tomto ohledu má aquafaba díky svým vlastnostem velký potenciál splnit tyto spotřebitelské nároky (Nguyen et al., 2011).

Aquafaba je viskózní tekutina získaná namáčením a vařením cizrny ve vodě nebo jako nálev v komerčně konzervované cizrny. Je to multifunkční složka schopná pěnit, emulgovat, želírovat, absorbovat vodu a olej v širokém rozsahu pH a teplot. Do jisté míry má podobné vlastnosti jako vaječný bílek. Díky svým pěnotvorným schopnostem je aquafaba technologicky přijatelná náhrada za vaječné bílky při výrobě mechanicky kypřeného pečiva. Na obrázku 7 je vidět pečivo kypřené aquafabou a pečivo kypřené vaječnými bílky (Nguyen et al., 2011).



Obrázek 7 - *Pečivo kypřené vaječnými bílky versus pečivo kypřené aquafabou.*
(převzato z: Mustafa et al.,2018)

2.2.7 Bezlepková mouka

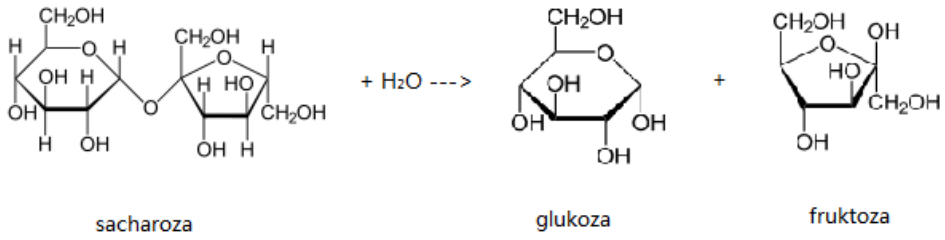
V mechanicky kypřeném hmotě nemusí být tolik vyvinuta lepková síť. Přesto je důležitá pro soudržnost hmoty během výroby nebo pro její pružnost během tvarování. Lepek má vliv na senzorické vlastnosti výrobku. Vedle technologické funkce mohou lepkové bílkoviny způsobovat konzumentům zdravotní komplikace. Vyloučení pšenice z výroby pečiva představuje zásadní technologický problém, a proto je možnostem náhrady věnována intenzivní výzkumná činnost (Burešová, Lorencová, 2013).

Pro získání bezlepkové hmoty s vlastnostmi podobnými hmotě lepkové jsou jako základní suroviny využívány mimo škrobů i přirozeně bezlepkové mouky z obilovin, pseudoobilovin, ořechů nebo jejich kombinace (Di Cairano et al., 2018).

2.2.8 Invertní cukr

Při inverzi jsou ziskem dva jednoduché cukry, zcela odlišné od sacharózy, a to nejen chemickým složením, ale i smyslovými a fyzikálními vlastnostmi. Inverze je rozklad sacharózy za vzniku glukózy a fruktózy. Chemické znázornění inverze sacharózy je k vidění na obrázku 8 (Bláha et al., 2001).

V praxi se inverze sacharózy provádí hydrolytickým štěpením pomocí kyselin. Z anorganických kyselin se používá kyselina chlorovodíková z organických lze pak využít kyseliny citronovou nebo vinnou (Půlpánová, 2001).



Obrázek 8 - *Chemické znázornění inverze sacharózy*. (převzato: issuu.com/sspsmirice)

Invertní cukr má některé typické vlastnosti, kterých se při výrobě pečiva využívá. Jeho cennou vlastností je hydroskopičnost, kterou způsobuje obsažená fruktóza. Při jeho použití nejen že nedochází k vysychání výrobků a tím ke ztrátám na hmotnosti, ale je udržována stálá vláčnost těsta i hotových výrobků. Má schopnost rychlejší karamelizace než sacharóza (Půlpánová, 2001).

2.2.9 Aromata

Termín aromata je používán k označení přípravků sloužících k aromatizaci potravin. Pro zlepšení jejich chuti a vůně. Aromata obsahují aromatické, chemicky definované látky, které působí na čichové a chuťové receptory člověka. Vyjma zvýraznění požadované chuti a vůně vlastnosti mechanicky kypřeného pečiva jinak neovlivní (Bláha, 200; Kadlece et al., 2013).

3 VLIV SUROVIN NA NUTRIČNÍ VLASTNOSTI MECHANICKY KYPŘENÉHO PEČIVA

Nejčastěji používané suroviny při výrobě mechanicky kypřeného, jako je tuk, vejce, mouka, kakao a ořechy, ovlivňují nejen technologickou a organoleptickou stránku výrobku, ale i jeho nutriční vlastnosti.

Mechanického kypření je využito především při výrobě cukrářských produktů. Ty jsou často zatracovány z hlediska prospěšnosti při výživě člověka. Díky surovinám, jako jsou cukr a tuky, se jejich konzumace doporučuje ve výživě moderního člověka omezit což je znázorněno i na obrázku 9. Patří mezi potraviny s vysokou energetickou hodnotou. Mají také vysokou hodnotu glykemického indexu. Výhodou mechanicky kypřeného pečiva je, že se suroviny dají z části nebo zcela nahradit zdravější variantou (Sluková, Skřivan, 2016; Skoupil, 2005).

Tuk a jeho podíl je z hlediska energetického obsahu těchto výrobků nežádoucí, neboť tuk má ze základních potravin nejvyšší energetickou hodnotu. Trend současnosti je využívat při výrobě převážně rostlinných olejů. Rostlinné oleje mají z výživového hlediska pozitivnější složení díky obsahu nenasycených mastných kyselin. Máslo má dobré senzorické i technologické vlastnosti, ale ve srovnání s oleji jsou v něm přirozeně obsaženy nasycené mastné kyseliny, trans nenasycené mastné kyseliny a cholesterol. Z hlediska srdečně cévních onemocnění se proto nedoporučuje vysoký příjem tuků s tímto složením (Sluková, Skřivan, 2016).

Obrázek 9 - *Výživová pyramida* (převzato: Gregora, 2004)

Cereální suroviny – většina cukrářských výrobků a hmot patří k výrobkům s vysokým energetickým obsahem díky svému obsahu cukru a tuku. Podíl cereální suroviny je v nich malý a za předpokladu, že jsou tyto výrobky konzumovány jen příležitostně, je obsah cereálií v celkové konzumaci cereálních surovin jen okrajový (Sluková, Skřivan, 2016).

Vejce patří mezi potraviny s nejvyváženějším obsahem nutričně významných látek. Dominantními složkami sušiny vajec jsou proteiny a lipidy. Proteiny mají klíčový význam Jsou biologicky hodnotnější než proteiny masa a mléka. Jejich obsah zůstává konstantní i po tepelné úpravě. Další nutričně významnou skupinou látek jsou vitaminy a minerální látky. Vitaminy jsou ve vejcích zastoupeny všechny, vyjma vitaminu C. Ve žloutku zejména rozpustné v tucích, v bílku pak pouze hydrofilní vitaminy skupiny B, především riboflavin. Avšak, během přípravy mechanicky kypřeného pečiva dochází k tepelné úpravě a tím ke zničení velké části z nich. Minerální látky jsou reprezentovány hlavně vysokým obsahem fosforu, draslíku a zinku. (Simeonová, 1999).
Nejvíce diskutovanou složkou vajec jsou lipidy. Z nutričního hlediska jsou nejvýznamnější fosfolipidy, které tvoří asi třetinu vaječných lipidů. Cholesterol, který je jedním z důvodů, proč bývají vejce odmítána, je však esenciálním nutrientem pro normální funkci lidského organismu. Hladina cholesterolu v organismu je silně závislá na individuálním metabolismu jedince. Stravou ji lze ovlivnit maximálně ze 30 % (Simeonová, 1999).

Vlašské ořechy lze považovat za surovinu obohacující. Ačkoli, je po jejich přídavku do potraviny zvýšena její energetická hodnota, tak studie dietetických intervencí ukazují, že konzumace vlašských ořechů nezpůsobuje čistý přírůstek tělesné hmotnosti. Svým složením jsou jedinečné, protože jsou bohaté na n-6 a n-3 polynenasycené mastné kyseliny. Obsahují mnoho zdraví prospěšných složek. Mají vysokou hladinu vitamínu E, argininu, tříslovin a vlákniny. Klinické studie naznačují, že konzumace vlašských ořechů snižuje cholesterol v krvi a mohou být jedním z faktorů, který příznivě ovlivňuje vznik ischemické choroby (Feldman, 2002).

Kakao je bohaté na polyfenoly, což jsou přirozeně se vyskytující antioxidanty, které jsou spojené s řadou zdravotních výhod. Patří sem například snížení zánětu, lepší průtok krve, nižší krevní tlak a zlepšení hladiny cholesterolu v krvi. V kakau nalezneme i celou řadu minerálních látek, jako je hořčík, železo, draslík, vápník. Zpracováním kakaa a tepelnou úpravou se však obsah těchto látek výrazně sníží (Skoupil, 1994).

4 PEČIVO Z MECHANICKY KYPŘENÝCH HMOT

Základním polotovarem pro výrobu mechanicky kypřeného pečiva jsou šlehané hmoty. Pečivo z těchto hmot je kypřené výhradně bílkovou pěnou. Tyto hmoty lze dále rozdělit na lehké, těžké, nahřívané a zvláštní druhy. Mechanického kypření bílků je využíváno i při výrobě bílkových náplní (Půlpánová, 2001).

4.1 Lehké šlehané hmoty

Klasická příprava lehké šlehané hmoty spočívá v přípravě žloutkové a bílkové pěny. Obě pěny jsou šlehány s cukrem, poté smíchány s prosátou moukou, popřípadě s dalšími přísadami. Následuje tvarování a pečení. Lehké šlehané hmoty se vyznačují tím, že mají větší objem než jiné šlehané hmoty ze stejného počtu vajec. Typické výrobky z této hmoty jsou buflery a piškoty (Bláha, 2019).

4.2 Nahřívané šlehané hmoty

Nahřívané šlehané hmoty se připravují šleháním žloutků i bílků společně. Povrchové napětí směsi žloutků a bílků je vyšší, z důvodu přítomnosti lipidů ve žloutcích. U tohoto způsobu mechanického kypření je využito poznatku, že při zvýšení teploty se snižuje povrchové napětí směsi a dochází ke zvětšování objemu šlehané hmoty. Čím většího snížení povrchového napětí dosáhneme, tím je pěna objemnější a stálejší. Při přípravě lze použít i vejce sušená, mražená či vaječnou melanž. Toto je nespornou výhodou při přípravě hmoty. Nevýhoda je, že konečná hmota je příliš řídká a nelze ji použít na výrobky tvarované stříkáním (Bláha, 2001; Půlpánová, 2001).

Výroba vaječné směsi tedy spočívá v nahřátí vaječné směsi s cukrem na 45 °C a šlehání do husté pěny. Poté je nutné do směsi přidat vodu, která se odpařila během nahřívání. Do takto připravené hmoty jsou jemně vmíchány další složky jako je mouka, kakao a ořechy. Tento druh šlehané hmoty je vhodný na výrobu korpusů, které jsou polotovarem pro další cukrářskou výrobu (Bláha, 2001).

4.3 Zvláštní druhy šlehaných hmot

Do skupiny zvláštních druhů šlehaných hmot lze zařadit výrobky s odlišným surovinovým složením i technologickým postupem. Obvykle jsou to hmoty bílkové nebo žloutkové s větším obsahem cukru a bez mouky. Výjimkou je bezé hmota, která v základní receptuře kromě ořechů obsahuje i mouku (Bláha, 2001).

Charakteristickým znakem pečiva z těchto hmot je křehkost, malá měrná hmotnost a větší trvanlivost. Pečou se při nižších teplotách a po zapečení se suší. Do této skupiny výrobků lze řadit laskonky, pusinky, rakvičky, ale i oblíbené makronky (Půlpánová, 2001).

4.4 Těžké šlehané hmoty

Charakteristickým znakem technologického postupu výroby těžkých šlehaných hmot je příprava studenou cestou tedy bez nahřívání. Další znak těchto hmot je tuk jako položka v receptuře. Bílky s přídavkem cukru se šlehají odděleně od žloutků. Do žloutků je postupně zašlehávána tuková složka (olej, rozpuštěné máslo, emulgovaný tuk). Poté se obě vyšlehané hmoty jemně spojí a lehce se vmíchá prosátá směs mouky s eventuálními přísadami (například strouhanými jádrovinami, kakaovým práškem, kávou a jinými). Při použití tohoto způsobu výroby jsou korpusy velmi jemné, objemné a vláčné. Lze podle něj vyrábět všechny druhy dortových hmot tj. s použitím kterékoli sypké či tekuté přísady (Bláha, 2001, Půlpánová, 2001).

5 TEXTURNÍ VLASTNOSTI MECHANICKY KYPŘENÉHO PEČIVA

Důvodem pro sledování texturních vlastností potravin je především spotřebitelský faktor kvality a odhad mechanického chování potravin při konzumaci. Sledováním texturních vlastností lze dále zhodnotit odolnost produktů proti mechanickému namáhání, stanovit vlastnosti při uskladnění a posoudit vliv použitých surovin na výrobek. Sledované složky texturních vlastností potravin jsou mechanické (reologické), povrchové, geometrické a sluchové (Kadlece et. al, 2013).

Geometrické složky se vztahují k rozměru, tvaru a uspořádání částic výrobku. Jsou vnímány zrakem nebo v ústech. Patří sem například velikost, tvar částic, homogennost potravin.

Povrchové složky sledují počitky vyvolané vlhkostí nebo obsahem tuku například přilnavost, tučnost, hladkost povrchu. V ústech se povrchové vlastnosti vztahují na způsob, jakým jsou určité složky uvolňovány.

Sluchové složky jsou důležité pro celkový požitek při konzumaci. Zvuk při ukousnutí udává křupavost (čerstvost potraviny).

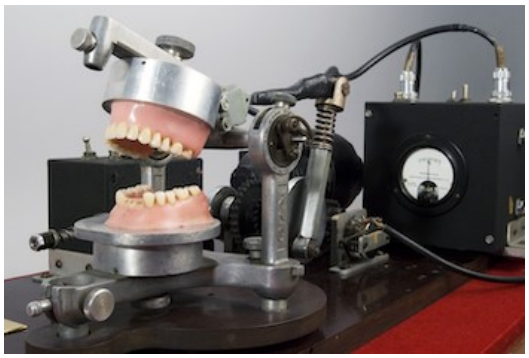
Reologické složky (mechanické) jsou vztaženy k reakci potraviny na namáhání působením vnějších sil (deformace, napětí, soudržnost, viskozita). Hodnotí se při manipulaci s potravinami – krájení, roztírání, dotyk prsty a při konzumaci – žvýkání, mezi jazykem a patrem, polykání (Kadlec et al., 2013).

Mezi metody hodnocení texturních vlastností potravin lze zařadit metody senzorické a instrumentální. Senzoricky se hodnotí pomocí smyslů. Výhoda senzorického hodnocení spočívá v jeho komplexnosti a v absenci přístrojového vybavení. Nevýhodou je potřeba senzorické laboratoře a dostatečného počtu hodnotitelů. Oproti tomu instrumentální měření je rychlé, objektivní a dobře opakovatelné. Je však nutná kalibrace a definice mezních hodnot. Instrumentální analýzou nelze stanovit komplexní vlastnosti dané potraviny (Nedomová, 2023).

Instrumentální metody lze rozdělit na základní, empirické a imitativní. Imitativním měřením se měří mechanické veličiny za podmínek imitujících namáhání vzorku při konzumaci nebo manipulaci. Nástrojem k tomuto měření je texturní profilová analýza (Kadlec et al., 2013).

5.1 Texturní profilová analýza

Analýza profilu textury (TPA) je populární test dvojité komprese pro stanovení texturních vlastností potravin. Během testu TPA jsou vzorky dvakrát stlačeny pomocí analyzátoru textury, aby byl získán přehled o tom, jak se vzorky chovají při žvýkání. Test TPA byl často nazýván-testem dvou kousnutí, protože analyzátor textury napodobuje kousání v ústech Ukázka historického přístroje k měření texturních vlastností je na obrázku 10 (Szczesniak, 2017).

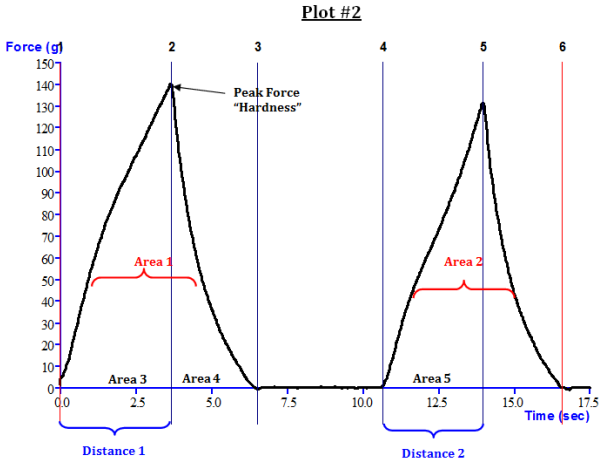


Obrázek 10 - *Historický model tenderometru.* (převzato: texturetechnologies.com)

V dnešní době jsou texturní charakteristiky měřeny pomocí zařízení, které je k vidění na obrázku 11- texturometr. K měření používáme sondy různého charakteru dle typu měřené potraviny. Při použití metody TPA je správný výběr sondy nebo lisovací desky důležitý. Jejich průměr musí být vždy větší než průměr analyzovaného vzorku. Pro měření texturních vlastností mechanicky kypřeného pečiva lze využít plochý píst, který pečivo stlačí a následně se vrátí do původní polohy stejnou rychlostí jako při kompresi (Kadlec et al., 2013).

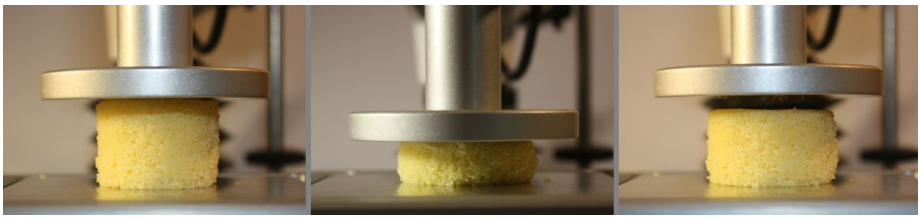
Obrázek 11- *Analyzátor textury.* (převzato: texturetechnologies.com)

Výsledkem měření je křivka, ze které se vyhodnotí závislost síly potřebné k deformaci vzorku na čase nebo dráze. Ukázka křivky je na obrázku 12. Ze závislosti síly na deformaci vzorku jsou pak určovány jednotlivé texturní parametry, kterými mohou být tvrdost, elasticita, soudržnost a žvýkatelnost (Park et al., 2006).



Obrázek 12 - *Grafické znázornění výsledků TPA.* (převzato: texturetechnologies.com)

Tvrdost je maximální síla, která musela být vyvinuta během prvního stlačení výrobku. Je to mechanická texturní vlastnost. Jinak řečeno, jde o sílu potřebnou ke stlačení potraviny mezi zuby nebo mezi jazykem a patrem. **Elasticita** (springiness) je činná deformační délka v mm druhého stlačení dělená původní výškou vzorku. Ukázka měření elasticity je vidět na obrázku níže. **Soudržnost** je síla, kterou je potravina schopná snášet, než dojde k prasknutí nebo rozpadnutí střídy. Soudržnost je definována jako poměr ploch energie druhého cyklu k energii prvého cyklu. **Žvýkatelnost** je důležitým atributem ovlivňujícím senzorické hodnocení během konzumace potraviny. Popsat se dá jako energie, kterou musíme vyvinout ke žvýkání sousta až do okamžiku jeho spolknutí. Je vyjádřena jako násobek tvrdosti, soudržnosti a elasticity (Szczesniak, 2017).



Obrázek 13- *Ukázka měření elasticita pečiva* (převzato: texturetechnologies.com)

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 CÍL PRÁCE

Cílem této bakalářské práce bylo experimentálně ověřit vliv použitých surovin na texturní vlastnosti vyrobených modelových vzorků mechanicky kypřeného pečiva, respektive korpusů z těžkých šlehaných hmot. Při výrobě vzorků byly zcela nebo částečně nahrazeny základní suroviny jinými. Texturní vlastnosti vyrobených vzorků byly porovnány s vlastnostmi standardu, kterým byl korpus vyrobený jen ze základních surovin.

Vedlejším cílem bylo ověřit vliv invertního cukru na stárnutí korpusů z těžkých šlehaných hmot a porovnat zjištěné vlastnosti s vlastnostmi standardu.

7 MATERIÁL A METODIKA PRÁCE

V této části jsou popsány suroviny, přístroje a pomůcky, které byly při výrobě a experimentálním měření korpusů z těžkých šlehaných hmot použity. Metodika popisuje jednotlivé postupy, podle nichž byly vzorky korpusů z těžkých šlehaných hmot vyrobeny a následně změřeny jejich texturní vlastnosti.

7.1 Použité suroviny

7.1.1 Základní suroviny

- Hladká mouka pšeničná světlá (Mlýny J. Voženílek, Předměřická mouka)
- Cukr krystal (Cukrovar Vrbátky a.s., Vrbátky)
- Vejce slepičí (Čerstvá vejce, Podnik pro výrobu vajec Košičky)
- Olej slunečnicový (Slunka, Fábio produkt s.r.o., Holín)

7.1.2 Další suroviny

- Ořechy vlašské (Natura Hustopeče s.r.o., Hustopeče)
- Kakao holandské (Dr. Oetker s.r.o., Kladno)
- Máslo (Jihočeské, Madeta a.s., České Budějovice)
- Voda pitná
- Ocet (Bzenecký ocet, Burg Ocet s.r.o., Bzenec)
- Nálev z cizrny (Bonduelle, Bonduelle s.r.o., Praha)
- Invertní cukr (Lock Bohemia s.r.o., Praha)
- Cukr moučka (Cukrovar Vrbátky a.s., Vrbátky)
- Bezlepková mouka (Jizerka, Jizerské pekárny s.r.o., Liberec)

7.2 Použité přístroje a zařízení

- Elektrický ruční mixer (ETA a.s., Česká republika)
- Elektrická pec ALBA TPE 20 ARS, (Altese s.e.o., Hořovice)
- Digitální váha (CAS SW – 1 S, PM – Váhy, Praha 9)

- Texturometr TA.XT. plus (Stable Micro Systems, UK)
- Nože, mísy, stěrky, dortové formy a běžné náčiní potřebné k výrobě korpusů

7.3 Výroba laboratorních vzorků

Pro účely experimentu byl vyroben vzorek korpusu z těžké šlehané hmoty, který se skládal jen ze základních surovin, jako standard. Dále bylo vyrobeno osm vzorků korpusů z těžkých šlehaných hmot, ve kterých byly částečně nebo zcela základní suroviny nahrazeny. Jeden, ve kterém základní surovina chyběla a jeden, kde byla další surovina přidána. Celkem bylo vyrobeno jedenáct korpusů. Vzorky byly označeny od I do XI, přičemž standard byl označen jako vzorek I. Přesné složení vzorků s navážkami použitých surovin je uvedeno v Tabulce 1 níže.

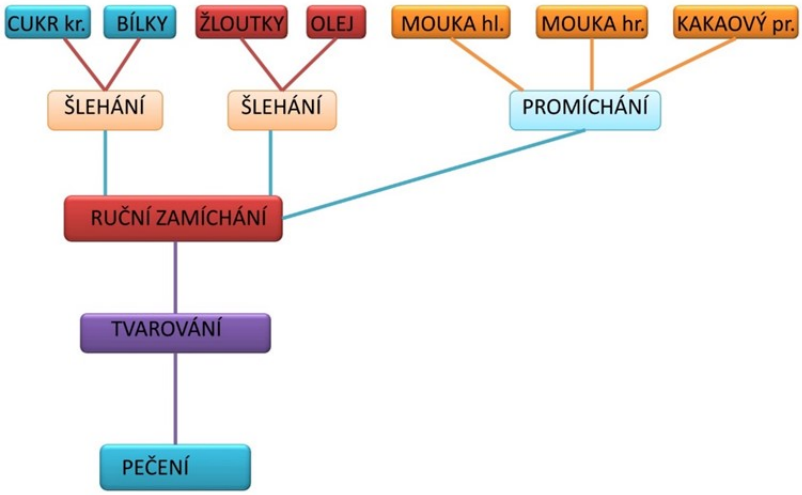
Tabulka 1 - *Suroviny použité při výrobě experimentálních vzorků.*

	Vzorek										
Surovina [g]	**I**	**II**	**III**	**IV**	**V**	**VI**	**VII**	**VIII**	**IX**	**X**	**XI**
Hladká mouka	200	170	170	200	200	200	200	200		200	200
Cukr krupice	180	180	180	180	180	180	180	180	180		
Vejce bílek	180	180	180	180	180	180	180		180	180	180
Vejce žloutek	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Olej slunečnice	50	50	50				50	50	50	50	50
Vlašský ořech		30									
Kakao			30								
Máslo				50							
Voda					50						
Ocet							5				
Nálev cizrna								180			
Mouka Jizerka									200		
Cukr invertní										180	
Cukr moučka											180

7.3.1 Postup přípravy laboratorních vzorků

V začátku přípravy byly důkladně odděleny vaječné bílky od žloutků a provedena navážka všech surovin potřebných k výrobě vzorků korpusů dle hodnot v tabulce 1. Jako první byl upečen vzorek číslo I – standard. Základními surovinami pro výrobu standardu z těžkých šlehaných hmot jsou: hladká mouka pšeničná bílá, vejce slepičí, cukr krystal a olej slunečnicový. Ihned po navážení byly bílky šlehány elektrickým šlehačem do pevné a objemné pěny. Během šlehání byla do bílků pomalu v několika dílčích dávkách přidána

celá navážka cukru. Dalším krokem bylo šlehání žloutků s olejem do husté pěny. V posledním kroku byly obě vyšlehané hmoty pomalu a opatrně smíchány s prosátou mouku. Hotová hmota byla naplněna do dortové formy o průměru 19 cm a pečena v předehřáté peci po dobu 40 minut při teplotě 180 °C. Po vyjmutí z pece, byl vzorek ponechán samovolnému zchladnutí a zabalen do potravinářské folie. Schéma výroby je znázorněné na obrázku 14.



Obrázek 14 - *Schéma výroby těžké šlehané hmoty*. (převzato: Půlpánová, 2001)

Ostatní korpusy byly vyrobeny dle stejného schématu výroby jako standard, avšak s jiným recepturním složením. Dle navážek z tabulky 1. U vzorků II-III byla část navážky mouky nahrazena vlašskými ořechy nebo kakaem. Ve vzorcích IV-V byl olej nahrazen máslem (rozpuštěným) nebo teplou vodou. Vzorek číslo VI tukovou složku, která by byla vmíchána do žloutků neobsahoval. Vzorek VII byl vyroben s přídavkem octa do bílků před začátkem šlehání. Při výrobě vzorku VIII byl místo vaječných bílků šlehán do husté a pevné pěny nálev z konzervované cizrny. Ve vzorku IX byla zcela nahrazena pšeničná mouka hladká bezlepkovou moukou Jizerka. Cukrem moučkou nebo invertním byl zcela nahrazen cukr krystal ve vzorcích IX – XI.

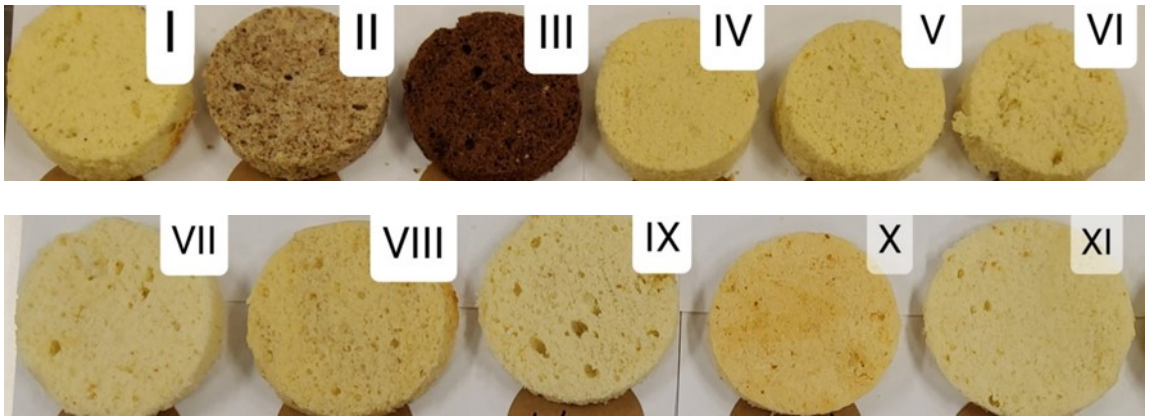
7.3.2 Postup měření textury vzorků

Před samotným měřením byla z každého korpusu odřezána kůrka z horní a spodní části. Z takto upraveného korpusu byly nožem nařezány pláty silné 15 mm. Ze střídky připravených plátů bylo kruhovým vykrajovátkem o průměru 80 mm vyřezáno vždy pět vzorků určených k měření.

Měření textury bylo provedeno při pokojové teplotě, a to 24 hodin po výrobě korpusů. U korpusů, kde byl v receptuře použit invertní cukr, proběhlo spolu se standardem opakované měření po pěti dnech. Texturní vlastnosti soudržnost, pružnost, tvrdost a žvýkatelnost byly měřeny na přístroji TA. TX plus, který byl před začátkem měření zkalibrován pomocí 5 kg závaží. Ke kompresy byla použita kruhová sonda o průměru 100 mm. Během měření byly vzorky stlačovány ve dvou cyklech do 30 % své výšky rychlostí 5 $mm.s^{-1}$. Záznamy z měření byly vyhodnoceny pomocí softwaru Exponent Lite.

8 VÝSLEDKY A HODNOCENÍ

Kapitola se zabývá vyhodnocením a diskutováním jednotlivých naměřených hodnot texturních vlastností připravených experimentálních vzorků korpusů z těžkých šlehaných hmot. Dále se pak zabývá porovnáním těchto hodnot s naměřenými hodnotami standardu. Laboratorní vzorky připravené k měření jsou na obrázku 15.



Obrázek 15 – *Vzorky připravené k měření. I-standard, II-přídavek kakaa, III-přídavek vlašský ořech, IV-záměna oleje za máslo, V-záměna oleje za vodu, VI-bez tuku, VII-s přídavkem octa, VIII-záměna aquafaby za bílky, IX-záměna bezlepkové mouky za hladkou pšeničnou mouku, X záměna invertního cukru za cukr krystal, XI záměna moučkového cukr za cukr krystal.*

8.1 Vyhodnocení texturních vlastností korpusů z těžkých šlehaných hmot

V rámci texturní analýzy byly hodnoceny parametry tvrdosti, soudržnosti, elasticity a žvýkatelnosti připravených vzorů. Průměrné naměřené hodnoty se směrodatnou odchylkou jsou uvedeny v Tabulce 2.

Tabulka *2 - Průměrné hodnoty texturních vlastností.*

Vzorek	Tvrdost [N]	Soudržnost [%]	Elasticita [%]	Žvýkatelnost
I	16,8 ± 1,5	43,0± 0,7	90,4 ± 0,8	6,5 ± 0,6
II	36,0 ± 7,0	41,4± 0,9	84,9 ± 1,6	13,0 ± 3,0
III	30,9 ± 1,6	38,9 ±1,0	88,1 ± 0,7	10,6 ± 0,8
IV	20,5 ± 1,7	40,0 ± 1,0	89,1 ± 0,4	7,3 ± 0,7
V	29,4 ± 1,3	48,6 ± 1,2	91,5 ± 0,9	13,1 ± 0,8
VI	15,7 ± 0,8	44,3 ± 1,0	88,1 ± 1,0	6,2 ± 0,5
VII	19,8 ± 1,8	43,0 ± 1,7	88,2 ± 0,9	7,6 ± 1,0
VIII	26,0 ± 5,0	39,4 ± 1,3	82,8 ± 2,0	8,8 ± 1,8
IX	14,5 ± 0,2	45,2 ± 0,7	91,0 ± 0,7	5,9 ± 0,2
X	22,4 ± 0,9	45,9 ± 1,2	88,9 ± 1,0	9,2 ± 0,6
XI	20,5 ± 1,6	44,1 ± 1,2	89,9 ± 0,7	8,2 ± 0,9

Tvrdost je maximální síla, která musela být vyvinuta pro dosažení nejhlubší komprese výrobku (Szczesniak, 2017). Tvrdost všech měřených výrobků se pohybovala v hodnotách 14,5 N - 36,0 N. Měkčí střídku než standard (16,8 N) měl vzorek VI (15,7 N), který neobsahoval tukovou složku a vzorek IX (14,5 N). Vzorek IX měl střídku ze všech vzorků nejměkčí, což pravděpodobně způsobil fakt, že u tohoto jediného vzorku byla mouka pšeničná hladká, zcela nahrazena bezlepkovou moukou Jizerka s jemnější granulací. K podobným výsledkům došli i Moiraghi et al. (2013), kteří publikovali, že jemněji mleté mouky mají zvýšený počet mechanicky narušených škrobových zrn, která rychleji a více během pečení bobtnají. Upečený výrobek je pak objemnější a má měkčí střídku než při použití hrubě granulované mouky. Prokazatelně tvrdší střídku než standard vykazovaly vzorky II (36,0 N) a III (30,9 N). U vzorku II byla část hladké pšeničné mouky nahrazena hrubě mletými vlašskými ořechy. Je tedy pravděpodobné, že právě přítomnost této hrubé a výrazné přísady, by mohla tvrdost vzorku zvyšovat. Ve vzorku III byla část pšeničné hladké mouky nahrazena kakaem. To byl zřejmý důvod jeho zvýšené tvrdosti. Skutečnost,

že střídka pečiva, které obohacuje kakao, vykazuje větší tvrdost, potvrdili P. Gutiérrez-Macías et al. (2021), kteří se zabývali vlivem kakaa na vlastnosti pečiva. Ve své studii nahrazovali pšeničnou mouku kakaem ve vzorcích v různých poměrech a uvádí, že na základě výsledků texturní analýzy všechny vzorky vykazovaly větší tvrdost než kontrolní vzorek, který kakao neobsahoval. Výrazně tvrdší než standard byl také vzorek V (29,4 N), který obsahoval místo oleje vodu, tento výsledek ovšem není v souladu s výsledky výzkumu od de la Hera et. al. (2014). Jejich studie poukazuje na opačný trend, kdy se tvrdost pečiva s přídavkem vody snižuje. Větší tvrdost střídky než standard dle naměřených hodnot měly ještě vzorky IV (20,5 N) u kterého byl olej zaměněn za máslo, VII (19,8 N) s přídavkem octa, VIII (26,0 N) s náhradou bílků za cizrnu, X (22,4 N) a XI (20,5 N) ve kterých byl cukr krystal nahrazen cukrem invertním nebo moučkovým.

Soudružnost je schopnost pečiva odolat tlaku nebo napětí v tahu (Szczesniak, 2017). Soudržnost standardu byla 43,0 %. Hodnoty soudružnosti naměřené u ostatních vzorků se pohybovaly v rozmezí 38,9 % - 48,6 %. Nejnižší hodnotu pod hranicí soudružnosti standardu vykazoval vzorek III (38,9 %), který obsahoval kakao. P. Gutiérrez-Macías et al. (2021) také uvádí, že kakao obsažené ve vzorcích v různých poměrech snížilo jejich soudružnost pod hranici soudružnosti kontrolního vzorku, ve kterém kakao obsažené nebylo. Nižší soudržnost než standard vykazovaly ještě vzorky II (41,4 %) s přídavkem ořechů, IV (40,0 %) ve kterém byl oproti standardu nahrazen olej máslem a VIII (39,4 %), u kterého byl použit ke kypření nálev z cizrny místo vaječných bílků. To že pečivo kypřené nálevem z cizrny – aquafabou je skutečně méně soudružné než při použití vaječných bílků, potvrzuje ve své studii i Mustafa et al., (2018). Ve své studii měřili texturní vlastnosti deseti mechanicky kypřených korpusů, u kterých nahradili vejce vždy nálevem z cizrny od jiné obchodní značky a srovnávaly je s texturními vlastnostmi korpusu kypřeného za pomoci vaječných bílků. Uvádí, že barvou a strukturou si byly vyrobené korpusy podobné, ale korpusy připravené s aquafabou byly méně soudržné. Stejnou hodnotu soudružnosti jako standart měl vzorek VII (43,0 %) s přídavkem octa. Lze teď říci, že ocet mezi suroviny, které soudržnost ovlivnily, nepatří. Nejvyšší hodnoty soudržnosti dosáhl vzorek V (48,6 %), který místo oleje obsahoval vodu. Domněnku, že přídavek vody zvyšuje soudržnost výrobku, potvrzují i výsledky dalších studií (de la Hera et al., 2014). Vyšší soudržnost než standard vykazovaly ještě vzorky - VI (44,3 %) bez tukové složky, IX (45,2 %) u kterého byla hladká mouka nahrazena bezlepkovou moukou, X (45,9 %) a XI (44,1 %) u kterých byl cukr krystal nahrazen invertním nebo moučkovým.

Elasticita vyjadřuje schopnost pečiva vrátit se do původní výšky poté, co bylo stlačeno během komprese. Naměřené hodnoty elasticity se pohybovaly v rozmezí 82,8 % - 91,5 %. Nejvíce rozdílnou hodnotu elasticity od standardu (90,4 %) měl vzorek VIII (82,8 %) kypřený za pomoci aquafaby. Tato hodnota spolu s hodnotou soudržnosti a tvrdosti u vzorku VIII ukazuje na fakt, že byť je aquafaba vhodnou rostlinnou alternativou pro mechanické kypření, pečivo takto kypřené nemá stejné vlastnosti jako kvalitní pečivo z těžkých šlehaných hmot. To, že aquafaba skutečně snižuje elasticitu pečiva, potvrdil i Mustafa et al. (2018), který ve své studii porovnával vlastnosti pečiva kypřeného aquafabou s vlastnostmi pečiva kypřeného tradičně bílky. Nižší elasticitu ve srovnání se standardem vykazoval i vzorek II, který obsahoval vlašské ořechy. Tento výsledek se dal očekávat, vzhledem k tomu, že ořechy u měřeného pečiva výrazně zvýšily tvrdost jeho střídky. Nižší elasticitu než standard měly ještě vzorky III (88,1 %) s náhradou části mouky kakaem, IV (89,1 %) s náhradou oleje za máslo, VI (88,1 %) bez tukové složky, VII (88,2 %) s přídavkem octa, X (88,9 %) a XI (89,9 %) u kterých byl cukr krystal zcela zaměněn za cukr invertní nebo moučka. Vyšší elasticitu než standardní vzorek měly vzorky V (91,5 %) a IX (91 %). Ve vzorku V byl olej zcela nahrazen vodou. Stejný trend, že s přídavkem vody, se zvyšuje elasticita pečiva, zmiňuje ve svém výzkumu i de la Hera et al. (2014). Ve vzorku IX byla zcela nahrazena hladká pšeničná mouka moukou bezlepkovou s jemnější granulací. O vlivu granulace mouky na elasticitu a tvrdost výrobku se zajímali Moiraghi et al. (2013). Srovnáním výsledků jejich studie a naměřenými hodnotami elasticity u vzorku IX se dá usuzovat, že vyšší elasticita vzorku koresponduje s jeho nižší tvrdostí.

Žvýkatelnost je energie nutná pro rozmělnění potraviny před jejím polknutím. Žvýkatelnost všech měřených vzorků se pohybovala v rozmezí 5,9 -13,1. Standard měl hodnotu žvýkatelnosti (6,5). Nižší hodnotu žvýkatelnosti než standard měly jen vzorky VI (6,2) u tohoto vzorku nebyla v receptuře tuková složka ani voda a IX (5,9), kde byla použita místo hladké mouky bezlepková mouka Jizerka. Všechny ostatní měřené vzorky měly větší hodnotu žvýkatelnosti než standard. Byly to vzorky IV (7,3) u kterého bylo místo oleje použito máslo, VII (7,6) s přídavkem octa, VIII (8,8) při použití aquafaby místo bílků, X (9,2) s náhradou krystalového cukru za cukr invertní, XI (8,2) s náhradou krystalového cukru za cukr moučkový. Nejvyšší hodnoty žvýkatelnosti měly vzorky II (13,0) s přídavkem vlašských ořechů, III (10,6) s přídavkem kakaa a V (13,1) s přídavkem vody. Při srovnání naměřených hodnot tvrdosti a žvýkatelnosti střídky, lze říci, že se dle

tvrdosti odrážela žvýkatelnost. Čím větší byla tvrdost vzorku, tím narůstala i hodnota jeho žvýkatelnosti.

Vzhledem k naměřeným hodnotám texturních charakteristik se nejvíce podobal standardnímu vzorku z těžké šlehané hmoty vzorek VI. V tomto vzorku byla zcela vynechána tuková složka.

8.2 Vyhodnocení vlivu invertního cukru na stárnutí pečiva z těžkých šlehaných hmot

V této podkapitole jsou srovnány vlastnosti standardu-I se vzorkem-X, ve kterém byl zcela nahrazen cukr krystal obsažený ve standardu cukrem invertním. U vzorků byly vyhodnoceny texturní vlastnosti tvrdost, soudržnost, elasticita, žvýkatelnost, měřené 24 hodin po výrobě. Opětovně byly tyto vlastnosti u vzorků přeměřeny za 5 dní od výroby. Byl srovnán vliv krystalového a invertního cukru na stárnutí tohoto druhu pečiva. Naměřené hodnoty jsou v Tabulkách 3 a 4.

Tabulka 3 - *Hodnoty naměřené 24 hodin po výrobě.*

Vzorek za 24 hodin	**Tvrdost [N]**	**Soudržnost [%]**	**Elasticita [%]**	**Žvýkatelnost**
I-standard	16,8 ± 1,5	43,0 ± 0,7	90,4 ± 0,8	6,5 ± 0,6
X-invertní	22,4 ± 0,9	45,9 ± 1,2	88,9 ± 1,0	9,2 ± 0,6

Tabulka 4 - *Hodnoty naměřené po 5 dnech od výroby*.

Vzorek za 5 dní	**Tvrdost [N]**	**Soudržnost [%]**	**Elasticita [%]**	**Žvýkatelnost**
I-standard	34,0 ± 3,0	35,0 ± 1,2	89,0 ± 0,6	10,4 ± 1,0
X-invertní	59,0 ± 4,0	39,0 ± 1,9	86,9 ± 1,2	20,1 ± 1,8

Stárnutí pečiva lze definovat jako proces, při kterém se mění vlastnosti a kvalita pečiva. Probíhají změny v důsledku přechodu amorfní formy škrobů na retrogradovanou formu a migrace vlhkosti ze střídky do kůrky. Migrace vlhkosti je příčinou zejména vysycháním střídky. Rozsah a rychlost stárnutí závisí na použité receptuře, způsobu pečení a podmínkách skladování (Burešová, Lorencová, 2013).

Z naměřených hodnot lze usuzovat, že ve srovnání se standardem byl vzorek X výrazně tvrdší, více soudržný, avšak méně elastický a hůře žvýkatelný. Oba vzorky po 5 dnech

vykazovaly znaky stárnutí v podobě tvrdší střídky, menší soudržnosti, zhoršené elasticity a daleko horší žvýkatelnosti. Při srovnání naměřených hodnot lze konstatovat, že vzorek X stárl rychleji než standard I. Toto zjištění není zcela v souladu se Skoupilem (2014), který ve své publikaci uvádí v souvislosti s výrobou perníku, že invertní cukr díky svojí hydroskopičnosti, kterou způsobuje obsažená fruktóza, udržuje vlhkost pečiva a prodlužuje dobu jeho stárnutí.

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo experimentálně ověřit vliv surovin na texturní vlastnosti mechanicky kypřeného pečiva, respektive pečiva z těžkých šlehaných hmot.

Bylo zjištěno, že lze upéct korpus bez přídavku tuku, který má podobné texturní vlastnosti jako korpus, kde byl použit rostlinný olej. Dále bylo zjištěno, že tvrdost významně ovlivní vlašské ořechy a kakao. Již při záměně 15 % hladké mouky ořechy nebo kakaem, byla střídka korpusu ve srovnání se standardem výrazně tvrdší. Z naměřených hodnot bylo vypozorováno, že větší tvrdost vzorků znamená vždy menší elasticitu a horší žvýkatelnost. Měkčí střídka byla naměřena pouze u dvou vzorků. U vzorku, kde byla celá navážka hladké pšeničné mouky nahrazena moukou bezlepkovou Jizerka a vzorku, ve kterém byla tuková složka zcela vynechána. Bylo tak potvrzeno, že při výrobě mechanicky kypřeného pečiva nemá lepek významnou roli a tuk přidává tomuto druhu pečiva na tvrdosti. Bylo také zjištěno, že soudržnost korpusů lze ovlivnit přídavkem vody. Vzorek, ve kterém byla místo oleje do žloutků zašlehána teplá voda, byl ze všech měřených vzorků nejsoudržnější. Soudržnost rostla i při 100% náhradě krystalového cukru cukrem invertním. Při celkovém srovnání byl tento vzorek oproti standardu tvrdý, mnohem méně elastický a hůře žvýkatelný. U připravených korpusů nebyl měřen objem, avšak u tohoto korpusu byl malý objem viditelný ihned po upečení. Nebyl prokázán ani příznivý vliv invertního cukru na stárnutí tohoto druhu pečiva. Opakovaným měřením texturních vlastností po 5 dnech bylo zjištěno, že pomaleji stárne standardní vzorek. Invertní cukr se ukázal jako surovina nepříliš vhodná pro výrobu mechanicky kypřeného pečiva. Nese vlastnosti výhodné spíše při výrobě medovníku a perníku. Mezi použité suroviny byla zařazena i aquafaba, která se projevuje jako vhodná rostlinná alternativa za vaječné bílky při mechanickém kypření pečiva. Z aquafaby se podařilo vyšlehat objemnou pěnu, která ale nebyla pevná a stálá jako pěna z bílků. Vzorek střídky z tohoto korpusu nedosahoval kvality standartního vzorku. Byl tvrdý, rozsýpavý, málo elastický a hůře žvýkatelný. Aquafabu lze spíše doporučit pro výrobu sněhového pečiva, kde je recepturní složkou škrob, který svými vlastnostmi kypření aquafabou podpoří.

Závěrem je nezbytné říci, že hlavním faktorem, který předurčuje texturní vlastnosti mechanicky kypřeného pečiva je pevná a objemná bílková pěna. Mechanické kypření sebou však nese výhodu ve variabilitě použitých suroviny, kdy jejich kombinací nebo záměnou je možno vlastnosti tohoto typu pečiva upravovat a naplnit tak technologické a spotřebitelské požadavky.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

BLÁHA, L., CONKOVÁ, V., KADLEC, F., *Cukrářská výroba I: pro 1. ročník oboru vzdělání Cukrář*. Páté, přepracované vydání. Praha, 2019, Informatorium.

BLÁHA, L., CONKOVÁ, V., KADLEC, F., *Cukrářská výroba II: pro 2. a 3. ročník oboru vzdělání Cukrář*. Třetí, přepracované vydání. Praha 2001, Informatorium.

BLÁHA, L., ŠREK, F., *Suroviny pro učební obor Cukrář, Cukrářka.* Praha, 1996, Informatorium, ISBN 80-85427-86-9.

BOVŠKOVÁ, H., MÍKOVÁ K., *Factors Influencing Egg White Foam Quality*. Czech journal offoodscience = Potravinářské vědy / Ústav zěmědělských a potravinařských informací. 2011, ISSN 1212-1800.

BUREŠOVÁ, I., LORENCOVÁ, E., *Výroba potravin rostlinného původu: zpracování obilovin*. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Zlín, 2013, ISBN 978-80-7454-278-7.

DE LA HERA, E., ROSELL, C., GOMEZ, M., *Effect of water content and flour particle size on gluten-free bread quality and digestibility*], Food Chemistry, 2014*,* [cit.2023-03-06].

DELCOUR, J. A., & HOSENEY, R. C., *Principles of cereal science and technology* (3rd ed.). St. Paul, MN, USA: AACC International, 2010, [cit.2023-03-06].

Di CAIRANO, M., GALGANO, F., ToOLVE R., CARUSO, M. C., & CONDELLI, N., *Focus on gluten free biscuits: Ingredients and issues.* Trends in food science and technology, 81, 203-212, Dostupné na doi:10. 1016/j.tifs.2018.09.006., 2018, [cit 2023-03-06].

DODOK, L., *Chémia a technológia trvanlivého pečiva. 1.* vyd. Bratislava, 1988, Alfa.

FELDMAN, E. B., *The scientific evidence for a beneficial health relationship between walnuts and coronary heart disease.* The Journal of nutrition, 132(5), 1062 S-1101 S, 2002, [cit.2023-03-06].

GREGORA M., *Výživa malých dětí*, Praha, 2004, Grada*,* ISBN 80247022X

GUTIÉRREZ-MACÍAS, P., MIRÓN-MERIDA, V. A., RODRÍGUEZ-NAVA, C. O., & BARRAGÁN-HUERTA, B. E., *Cocoa: Beyond chocolate, a promising material for potential value-added products.* In Valorization of Agri-Food Wastes and By-Products, Dostupné na:https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824044-1.00038-6,2021, [cit.2023-03-06].

HALLIDAY, D., RESNICK, R. a WALKERJ, E., DUB, P., *Fyzika. 2.,* přepracované vydání přeložil Miroslav ČERNÝ. Brno, 2013, VUTIUM. Překlady vysokoškolských učebnic, ISBN 978-80-214-4123-1.

KADLEC, P., *Technologie potravin I*.: Vysoká škola chemicko technologická v Praze, Praha, 2002, ISBN 80-7080-509-9.

KADLEC, P., MELZOCH, K., VOLDŘICH, M., *Procesy a zařízení v potravinářství a biotechnologiích*. Ostrava, 2013, Key Publishin- 3293, ISBN 978-80-7418-163-4.

KLOPFŠTOKOVÁ, *Historie cukrářského oboru*., Dostupné na: http://cukrari.sosruska.c/ obor-cukrar-decin, 2012*,* [cit.2023-03-06]

KŘÍŽ, L., *Zpracování a ošetřování drůbežích produktu*. Institut výchovy a vzdělávání ministerstva zemědělství ČR, Praha, 1997, ISBN 80-7105-160-8.

KUBÁSKOVÁ, L., *Encyklopedie strojů a nástrojů*. Národní zemědělské muzeum, Praha, 2011, ISBN 978-80-86874-35-7.

LUCK, P.J., FOEGEDIN, E.A. „*Role mědi v proteinových pěnách"*. Biofyzika potravin 3: 255–260. Dostupné na: doi:10.1007/s11483-008-9060-0, 2008. [cit. 2023-03-06].

MCGEE, H., LONG, S. & BRIGGS, W., *Why whip egg whites in copper bowls?* Nature 308, Dostupné na: https://doi.org/10.1038/308667a0, 1984*,* [cit.2023-03-06].

MCGREGOR, S., *A brief history of mixers: 19th century mixer history.* BestBuy Blog. Dostupné z: https://blog.bestbuy.ca/appliances/a-brief-history-of-mixers, 2023*,* [cit.2023-03-06].

MINE, Y., *Recent advances in the understanding of egg white protein functionality*. Trends in Food Science & Technology, 6: 225–232, 1995, [cit.2023-03-06].

MOIRAGHI, M., de la HERA, E., PÉREZ, G. T., & GóMEZ, M., *Effect of wheat flour characteristics on sponge cake quality*. Journal of the Science of Food and Agriculture, *93*(3), 542-549, 2013, [cit.2023-03-06].

MUSTAFA, R., HE, Y., SHIM, Y.Y., REANEY, M.J.T., *Aquafaba, wastewater from chickpea canning, functions as an egg replacer in sponge cake.* Int J Food Sci Technol, 53: 2247-2255, 2018, [cit.2023-03-06].

NGUYEN, T.M.N., QUOC, L.P.T., TRAN, G.B., *Evaluation of Textural and Microstructural Properties of Vegan Aquafaba Whipped Cream from Chickpeas*. Chemical Engineering Transactions, 83, 421-426, 2021, [cit.2023-03-06].

NEDOMOVÁ, Š., *Texturní vlastnosti potravin*, habilitační přednáška. Databáze online Dostupné na http//web2.mendelu.cz, 2023, [cit.2023-03-06].

PARK, Y. W., PICCINALI P., REHBERGER B., BADERTSCHER R., ESCHER F., SCHLICHTHERLE-CERNY H., CAVAZZA A., GASPERI F., *Rheological characteristics of goat and sheep milk: application to milk.* Small Ruminant Research, 68 (1-2): 73-87, 2006, [cit.2023-03-06].

PAŽOUT, V., HEMALOVÁ, V., ALDORFOVÁ, M., *Hygiena a technologie vegetabilních produktů: hygiena a technologie mlýnských obilných výrobků, pekárenských výrobků, těst a těstovin*. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, Brno, 2012. ISBN 978-80-7305-603-2.

PERRY, P. A., & DONALD, A. M., *The effect of sugars on the gelatinisation of starch.* Carbohydrate Polymers, *49*(2), 155–165, 2002, [cit.2023-03-06].

PŘÍHODA, J., *Cereální chemie a technologie III: technologie trvanlivého pečiva a snack výrobků*. 1st ed., Olympia Praha, 1991, ISBN 80-7080-099-2.

PUCHOL-Miquel, M., PALOMARES, C., FERNÁNDEZ-Segovia, I., BARAT, J. M., PEREZ-Esteve, É., *Effect of the type and degree of alkalization of cocoa powder on the physico-chemical and sensory properties of sponge cakes.* LWT, 152, 112241, 2021, [cit.2023-03-06].

PŮLPÁNOVÁ, A., *Cukrářská technologie.* Vyd. 2., 1. vydáno Hradec Králové, 2001, na-ladatelství Radek Runštuk-R plus.

SIMEONOVOVÁ, J., a kol. *Technologie drůbeže, vajec a minoritních živočišných produktů.1,* Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 1999, ISBN 80-7157-4058.

SKOUPIL, J., 2005: *Suroviny a polotvary pro cukrářskou výrobu.* Brno, 2005, Společenstvo cukrářů ČR, 367 stran.

SKOUPIL, J., *Suroviny na výrobu pečiva*. Naklad. KORA, Pardubice, 1994, ISBN 8O-85644-07-X

SLUKOVÁ, M., SKŘIVAN, P., *Pekařské a cukrářské výrobky ve školním stravování.* Ústav sacharidů a cereálií VŠCHT, Praha, 2016. Dostupné na www.vyzivaspol.cz, [cit.2023-03-06].

SNODGRASS, M.E., *Encyclopedia of Kitchen History.* Routledge, 2004, 696 s. ISBN 978-11-3545-572-9.

STEINHAUSEROVÁ, I., SIMEONOVÁ, J., NÁPRAVNÍKOVÁ, E., TREMLOVÁ, B., *Produkce a zpracování drůbeže, vajec a medu.* Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, Brno, 2003, ISBN: 80-7305-462-0.

SZCZESNIAK, A. S., *Texture Technologies Corp Texture Profile Analysis. Texture Technologies:* Analysis Instruments for Foods, Pharmaceuticals, Adhesives, Cosmetics and more. Dostupné na: http://texturetehnologies.com, 2017, [cit.2023-03-06].

ŠEDIVÝ, P., ALBRECHT, J., *Pekařská technologie.* Praha, 2014, Odborné nakladatelství a vydavatelství Pekař a cukrář, Knižnice Pekaře a cukráře. ISBN 978-80-905481-0-7.

Internetové zdroje:

ANONYM, [cit. 2023-03-06], Dostupné z: https://www.vitalia.cz/

ANONYM, [cit. 2023-03-06], Dostupné z: http://www.nasevejce.cz/

ANONYM, [cit. 2023-03-06], Dostupné z: http://www.food.ndtv.com/

ANONYM, [cit. 2023-03-06], Dostupné z: http://www.vyzivaspol.cz/

ANONYM, [cit. 2023-03-06], Dostupné z: https://www.vitalia.cz/

ANONYM, [cit.2023-03-06], Dostupné z: http://texturetechnologies.com/

ANONYM, [cit.2023-03-06], Dostupné z: https://issuu.com/sspsmirice/docs/medova_testa

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

TPA- texturní profilová analýza

°C - jednotka teploty - stupeň Celsia

mm - jednotka délky – milimetr

g - jednotka hmotnosti – gram

N - jednotka síly Newton

s - jednotka času – sekunda

% - symbol procento

Tj. - to je

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - *Ukázka pevných a pružných šlehacích metel.*

Obrázek 2 - *(1) kvalitní bílková pěna, (2) řídká bílková pěna.*

Obrázek 3 - *Postupné zvětšování objemu pěny během výrobního procesu.*

Obrázek 4 - *Slepičí vejce, bílek, žloutek, skořápka.*

Obrázek 5 - *Ukázka granulace cukru: (1) moučkový cukr, (2) cukr krupice***.**

Obrázek 6 - *Pšeničná mouka hladká***.**

Obrázek 7 - *Vliv alkalizace na barvu kakaového prášku***.**

Obrázek 8 - *Pečivo kypřené vaječnými bílky versus pečivo kypřené aquafabou***.**

Obrázek 9 - *Chemické znázornění inverze sacharózy***.**

Obrázek 10 - *Výživová pyramida.*

Obrázek 11 - *Historický model tenderometru.*

Obrázek 12 - *Analyzátor textury.*

Obrázek 13 - *Grafické znázornění výsledků TPA.*

Obrázek 14 - *Ukázka měření pružnosti pečiva.*

Obrázek 15 - *Schéma výroby těžkých šlehaných hmot .*

Obrázek 16 - *Vzorky připravené k měření.*

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - *Suroviny použité při výrobě experimentálních vzorků.*

Tabulka *2* - *Průměrné hodnoty texturních vlastností.*

Tabulka 3 - *Hodnoty naměřené 24 hodin po výrobě.*

Tabulka 4 - *Hodnoty naměřené po 5 – ti dnech od výroby*.