

Vliv surovin a jejich směsí na porositu muffinů

Bc. Kateřina Rundtová

Diplomová práce
2020



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Bc. Kateřina Rundtová
Osobní číslo:	T18279
Studijní program:	N2901 Chemie a technologie potravin
Studijní obor:	Technologie potravin
Forma studia:	Prezenční
Téma práce:	Vliv surovin a jejich směsí na porositu muffinů

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část

1. Charakteristika muffinů
2. Suroviny na výrobu muffinů
3. Technologie výroby muffinů
4. Porosita muffinů

II. Praktická část

1. Charakterizace použitých mouk, jejich směsí a dalších surovin použitých při laboratorní výrobě muffinů
2. Popis výroby muffinů a postupů jejich testování
3. Popis získaných výsledků
4. Diskuse výsledků s literaturou
5. Formulace závěrů plynoucích z práce

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] POLIZZOTO, L. M., TINSLEY, A. M., WEBER, C. W., BERRY, J. W. (1983). Dietary fibers in muffins. *Journal of Food Science (USA)*.
- [2] RUPASINGHE, H. V., WANG, L., HUBER, G. M., PITTS, N. L. (2008). Effect of baking on dietary fibre and phenolics of muffins incorporated with apple skin powder. *Food Chemistry*, 107(3), 1217-1224.
- [3] RAMCHARITAR, A., BADRIE, N., MATTFELDT-BEMAN, M., MATSUO, H., RIDLEY, C. (2005). Consumer acceptability of muffins with flaxseed (*Linum usitatissimum*). *Journal of Food Science*, 70(7), 504-507.

Vedoucí diplomové práce: **doc. RNDr. Iva Burešová, Ph.D.**
Ústav technologie potravin

Datum zadání diplomové práce: **17. února 2020**
Termín odevzdání diplomové práce: **15. května 2020**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

doc. RNDr. Iva Burešová, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 17. února 2020

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou 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 – diplomovou 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 diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové 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.

Prohlašuji,

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

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá vlivem mouk o různé granulaci (hladká, polohrubá, hrubá a chlebová) a různým typem vajec (dehydrovaná, rehydrovaná a čerstvá) na porositu a texturní vlastnosti muffinů. V teoretické části je definován muffin, dále jsou zde popsány suroviny na jejich výrobu a celá technologie výroby. Teoretická část končí kapitolou o porositě muffinů, kde je také přidán popis dalších texturních vlastností. V praktické části jsou definovány použité suroviny a receptura. Následuje popis laboratorní výroby muffinů a postup při jejich testování. Praktická část je zakončena kapitolou, která se věnuje výsledkům a diskusi, ze kterých vyplynulo, že granulace mouky i typ vajec hraje významnou roli na výsledné vlastnosti muffinů. Nejvhodnější moukou pro výrobu muffinů s ohledem na výsledné parametry byla hladká mouka, která stejně jako dehydrovaná vejce, zlepšovala vlastnosti muffinů.

Klíčová slova: porosita, muffiny, texturní vlastnosti

ABSTRACT

This diploma thesis deals with the influence of flours of different granulation (coarse, semi-coarse, fine, fine brown) and different types of eggs (nonhydrated dried eggs, rehydrated dried eggs and fresh eggs) on porosity and texture properties of muffins. The theoretical part defines muffin, then describes materials needed for production and with the complete technology of production. The theoretical part ends with a muffin porosity chapter where additional textural properties are described. In the practical part there is a definition of used materials and a prescription followed by description of laboratory production of muffins and the testing procedure used. The practical part ends with chapter dealing with the results and a discussion from which emerged that flour granulation and egg type is essential for resulting parameters of muffins. The best flour for muffin production, with respect to resulting parameters, is fine flour which enhanced muffin properties in the same way as nonhydrated eggs.

Keywords: porosity, muffins, textural properties

Ráda bych poděkovala paní doc. RNDr. Ivě Burešové, Ph.D. za možnost vypracování této diplomové práce pod jejím odborným vedením a s tím i za cenné rady a vstřícnost při konzultacích. Dále bych ráda poděkovala Fakultě technologické a Ústavu technologie potravin za možnost studia a také všem, kteří zde pracují. Nakonec bych chtěla poděkovat své rodině a svým přátelům, kteří měli po celou dobu mého studia nervy pevnější než já a nepřestali mě podporovat.

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

OBSAH

ÚVOD	8
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1 CHARAKTERISTIKA MUFFINŮ	10
1.1 HISTORIE MUFFINŮ	10
1.2 DRUHY MUFFINŮ	11
1.2.1 Bezlepkové muffiny	11
1.2.2 Cupcake.....	11
2 SUROVINY NA VÝROBU MUFFINŮ	13
2.1 MOUKA.....	13
2.1.1 Lepek	14
2.1.2 Škrob.....	15
2.2 CUKR.....	16
2.3 VEJCE	17
2.4 TUKY	18
2.5 MLÉKO	19
2.6 DROŽDÍ A KYPŘICÍ PROSTŘEDKY	19
2.6.1 Droždí	19
2.6.2 Chemické kypřicí prostředky	20
2.7 SŮL	20
2.8 VODA	21
3 TECHNOLOGIE VÝROBY MUFFINŮ.....	22
3.1 PŘÍPRAVA SUROVIN	22
3.2 MIXOVÁNÍ SUROVIN	22
3.3 PEČENÍ.....	23
3.3.1 Tání tuků	23
3.3.2 Expanze vzduchu.....	24
3.3.3 Odpařování vzduchu.....	24
3.3.4 Rozpuštění cukru	24
3.3.5 Koagulace vaječných a lepkových bílkovin.....	25
3.3.6 Želatinizace škrobu.....	25
3.3.7 Karamelizace a Maillardova reakce	26
3.3.8 Změny nutrientů	26
3.4 CHLAZENÍ.....	26
4 POROSITA MUFFINŮ	27
II PRAKTICKÁ ČÁST	29
5 CÍL PRÁCE.....	30
6 CHARAKTERIZACE POUŽITÝCH MOUK, JEJICH SMĚSÍ A DALŠÍCH SUROVIN POUŽITÝCH PŘI LABORATORNÍ VÝROBĚ	

MUFFINŮ	31
7 POPIS VÝROBY MUFFINŮ A POSTUPŮ JEJICH TESTOVÁNÍ.....	33
7.1 TESTOVÁNÍ VÝROBKŮ	33
7.1.1 Určování ztráty pečením.....	34
7.1.2 Určování specifického objemu.....	34
7.1.3 Texturní analýza	34
7.1.4 Analýza porosity muffinů	34
7.1.5 Statistická analýza	35
8 VÝSLEDKY A DISKUZE	36
8.1 ZTRÁTY PEČENÍM	36
8.2 SPECIFICKÝ OBJEM	37
8.3 TVRDOST	38
8.4 SOUDRŽNOST	39
8.5 PRUŽNOST.....	40
8.6 ŽVÝKATELNOST	41
8.7 PŘILNAVOST	42
8.8 POROSITA	43
ZÁVĚR.....	47
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	48
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	54
SEZNAM OBRÁZKŮ	55
SEZNAM TABULEK	56

ÚVOD

Lidé pečou různé výrobky z mouky už odnepaměti. Mezi nejstarší patří bezesporu různé druhy chlebů a placek, později se pak začaly péct sladší výrobky jako koláče nebo bábovky a skupina pekárenských výrobků se tak začala více rozvíjet. Časem k nám došly také muffiny, tedy druh jemného pečiva, který je znám svým ikonickým tvarem a příjemnou chutí. Ty si získaly řadu příznivců svou jednoduchostí a rozmanitostí, jelikož každý si základní recept může upravit podle sebe. Tím vznikají různé variace jak bezlepkových muffinů, které jsou vhodné pro lidi trpící celiakií, tak klasických pšeničných, například se sýrem nebo sladké varianty třeba s čokoládou nebo ovocem. Takto postupně nezaujímají místo pouze doma při pečení, ale různé druhy se dají najít i v tržních sítích nebo v kavárnách, kde si získaly řadu konzumentů.

K samotnému pečení muffinů patří správný výběr surovin a jejich množství. Můžeme jen těžko předpokládat, že když vezmeme různé mouky, ať už druhově nebo různě pomletý jeden typ, nebo když zkusíme upéct stejný výrobek z různého množství mouky, že upečeme výrobky se stejnými vlastnostmi a parametry. Tato práce je zaměřená na použití pšeničných mouk s různou granulací (hladká, polohrubá, hrubá a chlebová) a různých typů vajec (sušených, které nebyly ponechány rehydrataci při výrobě těsta, těch, která byla ponechána rehydrataci na 15 minut, a čerstvých vajec).

Struktura této diplomové práce je členěná následovně – v teoretické části je definován pojem muffin, dále jsou zde popsány základní suroviny pro jejich výrobu (mouka, cukr, vejce, tuky, mléko, kypřicí prostředky, sůl a voda) a následně popis celé technologie jejich výroby od navážení surovin až ke chladnutí po vytažení z pece. Teoretická část končí kapitolou o porositě muffinů, kde je také přidán stručný popis texturních vlastností.

V praktické části jsou charakterizovány suroviny použité při laboratorní výrobě, celá použitá receptura a její modifikace. Další kapitola obsahuje popis experimentální výroby muffinů a metody jejich testování. Následuje kapitola, ve které jsou výsledky z daných měření a diskuze těchto výsledků.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 CHARAKTERISTIKA MUFFINŮ

Muffin můžeme zařadit mezi jemné pečivo. Vyhláška číslo 18/2020 Sb. v aktuálním znění definuje jemným pečivem 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, ovocnou pomazánkou, náplněmi mikrobiálně stabilními při běžných podmínkách skladování, džemem nebo povidly nebo povrchově upravené sypáním, polevou nebo glazurou (Vyhláška č. 18/2020 Sb. v aktuálním znění).

Mimo danou legislativu lze muffiny popsat jako malé dortíčky jednoduché na přípravu, které jsou charakteristické tím, že se pečou ve speciálních formách nebo košíčcích (Tee, 2009). Jelikož jsou sladké a chutné, staly se oblíbenými u všech věkových kategorií, protože mají skvělou chuť a jemnou texturu (Goswami et al., 2015).

1.1 Historie muffinů

Název je odvozen od francouzského slova „moufflet“, které se váže k chlebům a v překladu znamená „měkký“ (Shuster, 2015). Anglický originální muffin má delší historii a víc připomíná chléb než dort. Tradiční receptura obsahuje kvasinky, zatímco americké muffiny využívají kypřicí prášky. Anglické muffiny bývaly vyráběny z kynutého těsta a byly pečené na mřížce. Historie sahá až do 10. století a až do konce 17. století se jednalo o pochoutku pro lidi nižších tříd. Později se kuchaři snažili o výrobu něčeho, co by se vyrovnalo sladkým pochutinám a v 19. století tak muffiny začaly nabývat větší popularity, kterou neztratily dodnes. V Anglii je zvykem, že se rozřezávají na dva kusy, opečou se a pojídají se s máslem nebo se do nich přidá slanina, popřípadě uzený losos, což se liší od představy muffinů, jak je známe u nás (Seren, 2008).

Americké muffiny mají kratší historii, jelikož se u nich využívá chemického kypření. Výroba nastala v 18. století, kdy se začala používat rafinovaná forma potaše, jelikož kypřicí prášek byl komerčně vyroben až v roce 1857. Tyto muffiny měly chudší receptury než ty dnešní, které často mají polevy nebo obsahují čokoládu, ovoce nebo jiné další přísady. Muffin se stal převážně sladkým druhem pečiva a zvláště v kavárnách je stále ve velké oblibě a postupně se jeho popularita zanesla do všech koutů světa (Seren, 2008).

Muffiny se vyrábí s bezpočtem příchutí, s různými polevami a krémy (cupcake), s vlákninou nebo naopak s nízkým obsahem tuku nebo cukru (vhodné pro diabetiky), bez laktózy anebo také bez lepku (Shuster, 2015).

1.2 Druhy muffinů

Příprava a výroba muffinů je jednoduchou záležitostí, protože všechny základní suroviny má každý ve své domácnosti. Vznikají nejrůznější variace, kde se do těsta přidává ovoce jako lesní plody, banány, jablka, brusinky a mnoho dalšího, nebo třeba čokoláda. Ta se může použít hořká, mléčná i bílá, nasekaná nebo ve formě vloček. Další zajímavou surovinou na obohacení muffinů jsou jednoznačně ořechy, které mimo chuti dodávají také vláčnost. Existují také recepty slané, které využívají sýry, nejrůznější bylinky, ale také tepelně opracovaná masa nebo mořské plody (Tee, 2009).

1.2.1 Bezlepkové muffiny

V dnešním světě je mnoho lidí, kteří trpí celiakií, tedy intolerancí lepku. Toto autoimunitní onemocnění bohužel nemá jinou léčbu než striktní dietu s vynecháním potravin obsahujících lepek. Těsto je viskoelastický systém mezi viskózní kapalnou a elastickou pevnou fází. Lepek je hlavní bílkovinou složkou těst, jeho vynechání často působí problémy při výrobě pečiva, kde se dá jmenovat například špatnou texturu a barvu (Torbica et al., 2010). Většina bezlepkových těst potřebuje značnou úpravu receptu a výběr surovin je velmi omezený. Jako možná alternativa k mouce pšeničné je mouka rýžová, která se v poslední době drží velké oblibě. K její náhradě pak mohou sloužit mouky z amarantu, cizrny, pohanky nebo kukuřice (Niewinski, 2008).

1.2.2 Cupcake

Ohledně názvů těchto dortíčků panují dva názory. Jeden je, že název vznikl podle toho, že suroviny se odvažovaly nebo stále odvažují v hrníčcích a druhý názor je, že cupcake se v hrnečku kdysi pekl. V dnešní době je to ucelený název pro pečivo podobné muffinům, které většinou bývá sladší a je navíc pokryté vrstvou krému a různě ozdobené. Cupcaky byly v oblibě už v 18. století, kde se jim také přezdívalo „Queen cakes“ a byly zdobeny například mandlemi a ovoněné citrónovou kůrou. Varianty těchto košíčků jsou od 20. století takřka

nekonečné – od jednoduchých až po složité a získaly oblibu i jako náhrada za narozeninový dort (Olver, 2015).



Obrázek 1 - Cupcake

2 SUROVINY NA VÝROBU MUFFINŮ

Základní receptura pro výrobu muffinů obsahuje mouku, cukr, vejce, tuk, mléko, kypřicí prášek nebo droždí v případě anglického typu, sůl a vodu. Receptury se mohou měnit na základě toho, jaký druh muffinů se vyrábí (Fiszman et al., 2013).

2.1 Mouka

Mouka patří mezi základní suroviny pro výrobu pečiva. Je to sypká hmota, která vzniká mletím vhodných semen a následnou úpravou vzniklého šrotu a krupice. Nejčastěji používaná mouka při výrobě pečiva je pšeničná, ale může se použít i mouka žitná, ovesná a ječná nebo nejrůznější druhy mouk bezlepkových (Skoupil, 2005). Pšeničná mouka je i z pohledu historie nejpoužívanější pro výrobu chleba a dalšího pečiva. Kromě škrobu obsahuje mnoho dalších částí jako bílkoviny, lipidy a další látky, které při výrobě pečiva podléhají různým změnám (Goesaert et al., 2005). Mezi fyzikální a chemické požadavky na mouku patří velikost granulí a obsah minerálních látek. Z hlediska legislativy (Vyhláška 18/2020 Sb. v aktuálním znění), se mouky rozdělují následujícím způsobem:

Tabulka 1 - Fyzikální a chemické požadavky na mouku

Podskupina	Granulace (velikost ok/propad)* [μm/ %]	Minerální látky (popel)** [% hmot. v sušině] nejvýše
Mouky hladké, z toho: pšeničná světlá	257/nejméně 96–162/nejméně 75	0,60
pšeničná polosvětlá	257/nejméně 96–162/nejméně 75	0,75
pšeničná chlebová	257/nejméně 96–162/nejméně 75	1,15
žitná světlá (výrazková)	-	0,65
žitná tmavá (chlebová)	-	1,10
mouky polohrubé	366/nejméně 96–162/nejvýše 75	0,50
mouky hrubé	485/nejméně 96–162/nejvýše 15	0,50
mouky celozrnné	1129/nejméně 96	1,90
mouky grahamové	-	1,90

*Velikost podílu částic, které propadají sítím o stanovené velikosti ok.

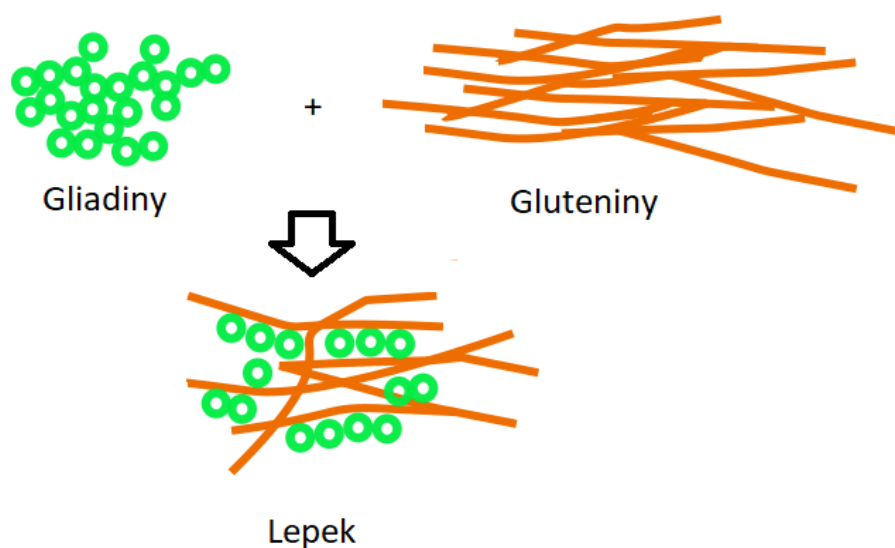
**Nespalitelné látky, které zůstanou po spálení vzorku za stanovených podmínek.

Granulace mouky ovlivňuje výsledný produkt. Velikost částic hraje roli v hydratační kapacitě – tedy kolik vody se absorbuje. Čím menší jsou velikosti částic mouky a čím větší je poškození škrobových granul, tím bude absorpce vody rychlejší. Oproti tomu mouky s vyšší granulací budou mít pečivo nižší kvality, jelikož hydratace je omezenější a trvá déle. Jemnější mouky poskytují homogenní hydrataci proteinových molekul a míchání trvá kratší dobu (Ali et al., 2014). Rozdělení mouk podle granulace je zmíněno v tabulce 1. Pro všechny je nejznámější a nejpoužívanější mouka hladká, která má nejmenší granulaci a oproti chlebové mouce má méně minerálních látek. Vyšší granulaci má mouka polohrubá a následně hrubá, která je vhodnější pro vaření než pečení.

2.1.1 Lepek

Lepek, který určuje obsah bílkovin v mouce, je jeden z nejdůležitějších parametrů u mouky. Definujeme ho jako gumovou hmotu, která zůstane, pokud pšeničné těsto promyjeme vodou, čímž se odstraní škrobové granule a látky rozpustné ve vodě (Wieser, 2007). U lepku jsou klíčové pojmy jako odolnost proti deformaci, pružnost a tažnost. Při pečení dochází k fyzikálním a chemickým změnám, které se týkají jeho frakcí – gluteninů a gliadinů, a které jsou důležité zejména pro tvorbu trojrozměrné sítě. Gluteninové proteiny jsou dlouhé řetězce a jsou hlavní složkou pšeničné mouky zajišťující soudržnost těsta a pružnost. Gliadinové proteiny jsou malé a globulární, oslabují interakce mezi řetězci gluteninů a v podstatě zvyšují tažnost struktury lepku a propůjčují viskozitu. V praxi je poměr gliadinů a gluteninů rozhodující pro rovnováhu mezi viskozitou těsta a jeho pružností. Vykazují skelný přechod, tedy změnu ze sklovitého do gumovitého stavu, pomocí tepla. Polymery lepku potřebují k interakci nabýt stavu gumovitého, tedy nad teploty skelného přechodu. Ta je však také závislá na obsahu vlhkosti (teplota skelného přechodu klesá s vyšší vlhkostí). Pokud máme suchý lepek (vlhkost okolo 20 %), je ve sklovitém stavu, pokud obsah vlhkosti překročí 35 %, tvoří gumovou viskoelastickou hmotu. V těstě z pšeničné mouky jsou proteiny soudržné a mají elastické chování. Celková mobilita a vodíkové vazby v mokřém lepku jsou ovlivněny teplotou. Teploty nad 40 °C vyvolávají strukturální změny a teplota při 45 °C zvyšuje hydrofobicitu,

při které se mění konformacemolekuly. Při 50 °C se začíná tvořit síť (naznačeno na obr. 2),



Obrázek 2 – Struktura lepku upravená podle Ash (2015)

kteřá je důležitá pro další změny, které se dějí při pečení. (Delcour et al., 2012).

Chemické změny se týkají kovalentních S-S vazeb v gluteninu, které jsou rozhodující pro funkčnost lepku. Ke vzniku těchto vazeb dochází během míchání těsta. Rozbíjení a předělávání těchto vazeb v gluteninech vede k vytváření sítí. Tyto vazby mohou být ovlivněny okolními podmínkami nebo oxidací. Například zahřívání narušuje vodíkové vazby, které ovlivňují reakce gluteninu a gliadinu v lepku. Záhřev na teplotu okolo 90 °C vede k tvorbě jejich agregátů. Také se ale může stát, že k zesítnění dojde s aminokyselinami anebo jejich zbytky nebo může dojít k tvorbě isopeptidů. Chemickými změnami tedy stejně jako změnami fyzikálními dochází k tvorbě sítě, která je důležitá pro další děje (Delcour et al., 2012).

2.1.2 Škrob

Škrob je složka, která je z hlediska hmotnostního zastoupení, nejvíce zastoupena v mouce. Je to složitá látka, v podstatě složená ze dvou polysacharidů – amylozy (vnitřní část škrobu, tvoří přibližně 20-25 %) a amylopektinu (vnější amorfní obal škrobů, tvoří přibližně 75-80 %) a ty jsou tvořeny z monosacharidů – glukóz, které jsou spojeny glykosidovými vazbami (Skoupil, 2005). Na jejich vzájemném poměru závisí schopnost bobtnání, mazovatění a vytváření pevného neroztékavého gelu. Tvorba škrobového mazu je jedna z jeho nejdůležitějších vlastností, která se využívá při vaření a pečení, kdy se využívá jako zahušťovadlo (Bláha

a Šrek, 1996). Kromě těchto vlastností našel využití i jako stabilizátor emulzí a pěn anebo jako látka zvyšující adhezi a zlepšující vazby (Mason, 2009).

Před zahřátím ve vodě jsou škrobové granule nerozpustné a jsou schopny pojmout pouze velmi omezené množství vody. Při zahřívání dochází k narušení molekul uvnitř škrobového zrna, což se projeví bobtnáním a dochází k želatinizaci, která je svými změnami nevratná, způsobuje zahušťování a ztrátu neprůhlednosti. Bobtnání granulí má vliv na reologické vlastnosti škrobové kaše. Nabobtnané granule jsou velmi náchylné k narušení pomocí zahřívání nebo mechanickým zásahem. Pokud granule bobtnají přespříliš, může docházet k jejich praskání a tím vytvoření disperze složené z amylózy, amylopektinu a fragmentů granulí. Molekuly zde volně rotují a dochází k asociaci molekul, čímž se zvyšuje viskozita. Rozrušení všech škrobových granulí a vznik molekulárních disperzí vede ke zlepšení emulgování a lepšímu pocitu v ústech (Mason, 2009).

2.2 Cukr

Cukry se charakterizují jako sacharidy, které mají sladkou chuť a jsou rozpustné ve vodě. Vznikají při fotosyntéze v zelených částech rostlin. V průmyslu se zpracovává jen cukrová třtina nebo řepa, které obsahují poměrně velkou koncentraci cukru a zisk se vyplatí ekonomicky. Třtina se zpracovává v tropických a subtropických pásech, zatímco řepa v mírném pásu a hojně se pěstuje i u nás. Z obou se získává stejný cukr a to sacharóza (Clarke a Singh, 2019).

Cukr je možné použít v různých formách (krystalický, moučkový, jako roztoky o různých koncentracích, tavený, cukr invertní a podobně). Cukr nemusí nacházet uplatnění jen jako nositel sladké chuti, napomáhá těstům a hmotám určených k pečení k nakypření. Schopnost karamelizovat ovlivňuje barvu a chuť upečeného výrobku. Napomáhá také ke zvýšení pevnosti struktury při pečení a nachází uplatnění k prodloužení trvanlivosti, jelikož slouží jako konzervační činidlo. Přispívá k energetické hodnotě výrobku a má hygroskopické vlastnosti, takže ovlivňuje jeho vlhkost a také vývoj lepku. Podporuje také expanzi plynu, který částečně zadržuje a napomáhá většímu objemu vyráběného pečiva (Bláha a Šrek, 1996). V případě muffinů se může použít světlý i tmavý cukr, přičemž tmavý cukr může muffinům dodat výraznější barvu (Tee, 2009).

2.3 Vejce

Pojmem vejce z potravinářského hlediska se rozumí vejce slepičí. Požitelná jsou i vejce jiných druhů (kachní, krutí, perliččí a podobně), ale v cukrářském oboru se zpracovávají pouze vejce slepic (Bláha a Šrek, 1996). Jsou velmi výživná, mají vysokou biologickou hodnotu a jsou zdrojem kvalitních bílkovin, které jsou důležité pro svaly, nervy, krev a kosti. Vejce se skládá ze dvou hlavních částí – bílku a žloutku (Asghar a Abbas, 2012).

Vaječný bílek zaujímá asi 67 % celkové hmotnosti vejce. Je to vodný roztok bílkovin (87.8 % tvoří voda a zbytek tvoří sušina, kde okolo 10 % tvoří bílkoviny). Vaječný žloutek obsahuje tuk a cholesterol, který může být škodlivý pro lidské zdraví, jelikož zvyšuje riziko kardiovaskulárních chorob a je energeticky náročnější než bílek. Přesto bylo zjištěno, že spotřeba dvou vajec denně nemá velký účinek na hladinu cholesterolu člověka. Vaječný bílek i žloutek obsahuje vitamíny a minerály, kde můžeme jmenovat vitamín A, D, E, draslík, sodík, hořčík, síru, mangan, selen a další (Asghar a Abbas, 2012).

Kvůli ochraně spotřebitele je zakázáno pracovat se syrovými tepelně neopracovanými vejci, proto se často využívá sušených vajec. Čerstvá vejce se vysuší, například pomocí sprejových sušáren. Výsledným produktem mohou být sušená vejce ve formě prášku, granul a podobně (Asghar a Abbas, 2012). Kromě sušených celých vajec existují samostatně sušené bílky, žloutky (obrázek 3) anebo upravená celá vejce se sníženým obsahem cholesterolu (Bhandari, 2013).



Obrázek 3 – Sušená celé vejce, vaječný bílek a žloutek (Ibirogba, 2019)

Pokud se podíváme na technologické vlastnosti, vejce nám zvyšují nutriční hodnotu výrobků a zároveň zlepšují vlastnosti jak chuťově, tak vzhledově a také zvyšují jemnost. Bez vajec by také nebylo možné většinu výrobků připravit, jelikož se využívá vlastností pěnotvorných, emulgačních a koagulačních (Bláha a Šrek, 1996). Proces emulgace je důležitý pro začlenění tuku v pekařských výrobcích. Avšak i u výrobků bez tuku je vejce součástí surovinové skladby, hlavně z důvodu koagulačních schopností (Zhou a Hui, 2014).

Pokud se využívají sušená vejce, musí se do receptury zahrnout množství vody, které vede k obnově vajec. Pokud používáme směs z celých vajec, uvádí se, že poměr 13 g prášku a 39 g vody odpovídá jednomu celému čerstvému vejci (Tiefenbacher, 2017).

2.4 Tuky

Látky, které označujeme jako tuky, mají různé vlastnosti z hlediska fyzikálně chemického. Všechny tuky jsou lehčí než voda a jsou v ní nerozpustné. Nevypařují se, jsou netěkavé, ale rozkládají se silným záhřevem. S postupem času všechny tuky žluknou nebo se působením různých látek zmýdelňují, také lehce pohlcují cizí pachy. Podle původu mluvíme o rostlinných olejích a tucích (například kokosový, sójový, slunečnicový a další) nebo o živočišných tucích (máslo, sádlo, lůj a rybí tuk). Podle konzistence se tuky rozdělují tuky na tekuté, mazlavé a tuhé (Bláha a Šrek, 1996).

Chemickou strukturou se jedná o sloučeniny vzniklé spojením vyšších mastných kyselin a trojsytného alkoholu (glycerol). Mastné kyseliny objevující se v tucích mohou být jak nasycené (například máselná, kapronová, kaprylová, palmitová) i nenasycené (palmitoolejová, olejová, linolová a další). Zastoupení těchto kyselin udává vlastnosti daného tuku. Je pravidlem, že čím více nasycených mastných kyselin je obsaženo v tuku, tím má vyšší bod tání. V tucích jsou také obsaženy lipofilní vitamíny (A, D, E, K) a malé podíly fosfolipidů a sterolů (Bláha a Šrek, 1996).

Tuky rozhodně patří do základní receptury na výrobu cukrářských výrobků. Mohou být zastoupeny v jiných surovinách, ve vejcích, ořeších, smetanách a podobně, anebo jako přímá přísada (Bláha a Šrek, 1996). V některých recepturách pro přípravu lineckých, vaflových nebo těžkých třených hmot mohou tvořit až 40 % z celkové hmotnosti surovin. Naopak v chlebu jen 2-5 %. Jejich úlohou je hlavně homogenizace, emulgace nebo usnadnění stravitelnosti, u některých výrobků přidávají vláčnost a zvyšují trvanlivost (Baldwin et al., 1972). Při pečení s jinými surovinami napomáhají tvorbě aroma a chuti (Skoupil, 2005).

Další úlohou je napomáhání při zavádění vzduchu do těsta během míchání a pečení a ovlivnění velikosti a stability těchto bublin (Cauvain et al., 2001).

2.5 Mléko

Mléko je vedle vody nejdůležitější tekutina v pekařství. Je ideální potravinou, jelikož obsahuje všechny důležité živiny pro vývin savců, tedy i lidí, a to v lehce stravitelné formě. Pochází z mléčných žláz savců v době laktace. Mlékem označujeme mléko kravské. Mimo něj je možné konzumovat mléko kozí, ovčí, v jiných zemích se konzumuje i mléko kobyly nebo velbloudí. Z mléka se vyrábí smetana, jogurty, sýr, tvaroh, máslo a mnoho dalších výrobků. Jedná se o emulzi tuku a bílkovin ve vodném roztoku, který je tvořen mléčným cukrem, solí a minerály (Bláha a Šrek, 1996). Častěji se používá nízkotučné mléko (obsahuje méně než 0,5 % tuku) než jakýkoli jiný druh mléka nebo výrobek z něj. V průmyslu se používá sušené mléko, které bylo získáno technologickou úpravou sušením až na prášek. Mléko a výrobky z něj se běžně používají při pečení, kde zvyšují nutriční hodnotu a také kvalitu cukrářských výrobků. Mléko zvlhčuje suché ingredience, rozpouští cukr, aktivuje lepek, hydratuje škrob. Proteiny mléka se podílí na struktuře pečiva a zlepšují pevnost výrobku (Zhou a Hui, 2014). Využití sušeného mléka je jako nosič emulgátorů nebo enzymů, které zlepšují výsledné produkty a je potřeba jejich vhodné začlenění do těsta (Burešová a Lorencová, 2013).

2.6 Droždí a kypřicí prostředky

Kyprost a křehkost ovlivňuje stravitelnost pečiva. Křehkost nás zajímá například u výrobků z lineckého těsta, oproti tomu kyprost je charakteristickým znakem pro většinu pečiva. Dá se ovlivnit jak technologickým postupem výroby, tak i druhem použitého způsobu kypření (Skoupil, 2005). Původ kypřicího plynu může být biologický, kde patří kypření pomocí kvasinek a jejich produktů – droždí, chemický, kde se jedná o reakce v těstě, u kterých vzniká kypřicí plyn, mechanický, kde se do těsta dostává plyn při šlehání a termomechanický, párou, která vzniká z vody při vysokém tlaku a teplotě (Burešová a Lorencová, 2013).

2.6.1 Droždí

Droždí představuje čistou kulturu kvasinek rodu *Saccharomyces cerevisiae*, což jsou jednobuněčné houby mající okrouhlý tvar. V příznivém prostředí mají schopnost zkvašovat cukr

na etanol a oxid uhličitý (CO₂). Kvasinky potřebují dostatek živin, jednoduchých zkvasitelných cukrů, aby je mohly přeměňovat na produkty jejich metabolismu. Kvasinky se nemusí používat pouze do pečiva, ale dlouhou tradici mají také při výrobě piva, lihovin nebo vína, kde je důležitá tvorba etanolu, zatímco v pekárenství využíváme tvorbu CO₂ (Burešová a Lorencová, 2013). V pekárenství kvasinky získávají cukry buď ze škrobu v mouce nebo přímo z cukru, který se přidává do těsta, kde se ze sacharózy pomocí enzymů nejprve vytvoří jednoduché cukry. K výrobě se používá zdravotně nezávadné droždí, čerstvé nebo sušené (Bláha a Šrek, 1996). U muffinů se droždí využívá pouze u anglického typu (Seren, 2008).

2.6.2 Chemické kypřicí prostředky

Chemické kypřicí prostředky mají schopnost se při pečení rozložit a tím kypřit těsto. Mezi tyto látky patří hydrogenuhličitan amonný a hydrogenuhličitan sodný. První zmíněný je bílá krystalická látka, stabilní při pokojové teplotě. Při pečení se tento kypřicí prostředek rozkládá na oxid uhličitý, amoniak a vodu (Bláha a Šrek, 1996). Významnou schopností je velká tvorba plynu. Důležité je jeho rovnoměrné vmíchání do těsta, přítomnost hrudek může negativně ovlivňovat výsledné pečivo, deformují ho. Nevýhoda tohoto kypřicího prostředku je v tvorbě amoniaku, který částečně zůstává ve výrobku, pokud se vyrábí pečivo s nízkou vlhkostí s hodnotou do 5 % a ovlivňuje jeho chuť (Burešová a Lorencová, 2013).

Hydrogenuhličitan sodný je znám pod označením soda bikarbona a také tvoří součást směsi označované jako Kypřicí prášek do pečiva. Kypřicí prášek je bílý, jemný a nemá žádný charakteristický pach (Bláha a Šrek, 1996). Mimo hydrogenuhličitan sodný je tvořen hydratovanými formami dihydrogenfosforečnanu vápenatého a dihydrogendifosforečnanu disodného pro průmyslové využití, zatímco při využití k domácímu použití kypřicí prášek obsahuje hydratované formy dihydrogenfosforečnanu vápenatého a síran hlinito-sodný, který se dá nahradit formami dihydrogendifosforečnanu disodného, lišících se teplotou, při které se uvolňují vodíkové ionty a kypřicí plyn (Burešová a Lorencová, 2013).

2.7 Sůl

Sůl neboli chlorid sodný je jedna ze základních ingrediencí nejen při pečení. Funkce při pečení zahrnují stabilizování kvasinek (droždí), pevnost těsta, vůni a chuť, při vynechání soli například při výrobě chleba může být výrobek bez chuti, ale u jiných výrobků nemusí být hlavní účel slaná chuť, ale spíše rozvinutí sladkosti nebo naopak snížení hořké nebo kovové

chutě. Sůl také prodlužuje dobu šlehání, což může mimo jiné zvyšovat energetickou náročnost výroby (Miller, 2008). Dále podobně jako cukr slouží jako konzervační činidlo. Sůl získáváme ze solných dolů anebo z mořské vody. Podle krystalů se rozlišuje hrubozrnná sůl, která se používá například na preclíky, nebo jemně namletá (Onwulata, 2005). Nadměrná konzumace soli může být nebezpečná pro lidské zdraví, jelikož může způsobit hypertenzi (Miller, 2008).

2.8 Voda

Voda je poslední důležitou složkou při výrobě pečiva. Je to sloučenina složená z vodíku a kyslíku, která existuje ve třech skupenstvích (plynné, kapalné a pevné) a je jednou z nezbytných sloučenin. Při pokojové teplotě je voda kapalina bez zápachu a bez chuti. Důležitou roli hraje při rozpouštění mnoha dalších látek. V malém množství se jeví jako bezbarvá, ale má skutečně modrou barvu, jelikož mírně absorbuje světlo při červených vlnových délkách (Zumdahl, 2020).

Při pečení se obsah vody na povrchu snižuje oproti vnitřní části a pomáhá tak vytvoření kůrky a střídky. Také hraje důležitou roli při fyzikálních a chemických změnách, např. při želatinizaci škrobu nebo denaturaci proteinů (Thorvaldsson a Skjöldebrand, 1998). Přenos tepla při pečení do centra výrobku vyvolává i přenos vody. To způsobí, že se začne voda vypařovat z teplejší části a povrch výrobku se tak začíná vysušovat. Pod povrchem se voda nevypařuje tak rychle, což má vliv na celkovou tloušťku kůrky (Wagner, 2007). Popis technologie výroby je podrobně rozebrán v následující kapitole. Důležité je stejně jako u ostatních surovin, aby ani voda nebyla zdravotně závadná, neměla nezdravou barvu nebo zápach.

3 TECHNOLOGIE VÝROBY MUFFINŮ

Výroba muffinů spočívá ve vytvoření těsta ze základních surovin – mouky, vajec, mléka, cukru, tuku, oleje, soli, vody. Muffin je tuhá pěna, u které se požaduje velký objem, nadýchanost, lehkost a jemná textura (Fiszman et al., 2013). Celková výroba se rozděluje do čtyř kroků. První krok je navážení všech potřebných surovin dle receptury. Další krok je smíchání surovin a příprava těsta. Třetí krok je následné pečení a poslední částí je chlazení. Všechny kroky ovlivňují výsledný produkt, jelikož zde dochází k několika fyzikálním a chemickým změnám (Figoni, 2011).

3.1 Příprava surovin

Použité množství surovin a metoda přípravy má vliv na výsledný produkt a rozhoduje o jeho požitelnosti (Figoni, 2011). Vliv na výrobek má také použitá mouka – pšeničná mouka s lepkem se bude chovat jinak než amarantová bez lepku, podobně se budou lišit i muffiny z mouk s jinou granulací (Dizlek, 2015). Dále je důležité mít vyváženou recepturu, pokud v ní je příliš mnoho tuku a málo vajec, může být výrobek příliš olejovitý, vlhký a méně objemný. Vejce zpevňují strukturu, zatímco tuky ji zjemňují. Objem pečiva může být také ovlivněn typem kypření. Krusta bude ovlivněna množstvím cukru (Cauvain, 2017).

3.2 Mixování surovin

Existuje více možností mixování surovin. Jedna z nich je vmíchat kapalný tuk do sypkých ingrediencí společně s dalšími tekutými složkami. Tato metoda má jako výsledek tvrdší muffiny. Další možnost je smíchat prvně tuk a cukr a následně do této směsi přidat zbytek tekutých surovin a následně přidat sypké suroviny, což způsobí, že produkt je jemnější. Nejčastější metoda přípravy těsta spočívá ve smíchání sypkých surovin a následně přidání tekutých částí a mixování, dokud těsto není homogenní (Figoni, 2011). Během mixování se také začleňuje do těsta vzduch. Velké vzduchové bubliny se postupně redukují na menší a mohou sloužit jako zárodky bublin, které se zvětší při pečení při vznikajícím oxidu uhličitým, odpařováním vody a difúzí plynu (Fiszman et al., 2013).

Během míchání má velkou roli také voda. V ní se rozpouští určité látky nebo jiné hydratuje. I když voda nemusí být přímo uvedena v surovinové skladbě, objevuje se například v mléce. Pokud se voda nebude chovat dle našich očekávání, může se stát, že se cukr nerozpustí a

bude narušená sladká chuť výrobků nebo nerozpustí-li se sůl, tak nedojde ke zpomalení fermentace kvasinek, pokud máme kynuté výrobky. Nerozpuštěný kypřicí prášek nebude produkovat oxid uhličitý a ke tvorbě plynu nedojde. Hydratační účinek je důležitý u větších molekul jako škroby a proteiny. U mouky je důležitá hydratace bílkovin, aby vznikl lepek a výrobek měl správnou texturu a objem. Po míchání se těsto vlije do forem nebo košíčků na muffiny (Figoni, 2011). Množství těsta, které se použije do jednoho košíčku ovlivňuje výsledek. Neoptimálnější je 70-75 g na jeden výrobek, které by měly dosáhnout největšího objemu, minimálních ztrát při pečení a dobrých texturních i senzorických vlastností (Dizlek, 2015).

3.3 Pečení

Pečení zahrnuje postupné přenesení tepla z povrchu do středu výrobku. Hlavní změna je ta, že křusta se stává tvrdší a suchou a jádro zůstává měkčím, složeným jak z těsta, tak ze vzduchových pórů (viz obrázek 4). Stěny těchto pórů jsou složeny z vaječných a lepkových bílkovin, které kooperují se škrobovými granulemi a jinými částicemi. K některým důležitým změnám dochází pouze při zvýšené teplotě, například želatinizace škrobu, jiné teplo pouze urychlují (Figoni et al., 2011). Jednotlivé procesy při pečení muffinů by se daly rozdělit do následujících osmi částí.



Obrázek 4 – Jádro upečeného výrobku, tvořené porézními stěnami a vzduchovými bublinami (Pixnio [2020])

3.3.1 Tání tuků

Tání tuků je jedna z prvních změn, která nastane při pečení. Teplota, při které tání nastane, závisí na složení použitého tuku. Většina jich taje přibližně v rozmezí 30–50 °C. Při tání se z tuku uvolňuje voda a vzduch. Voda se posléze mění ve vodní páru a jak se rozpíná, tlačí na stěny vznikajících pórů a zvyšuje tak objem výrobku. Máslo s nízkým bodem tání bude poskytovat pečivo s menším objemem než jiný tuk s vyšším bodem tání jako třeba margarín – ten obsahuje více vody a vzduchu a tím zvýší objem celého výrobku. Pokud by byl použit tuk, který má bod tání značně vyšší, než je teplota lidského těla, tak výsledný produkt může mít nepříjemnou mastnou chuť ztuhlého tuku (Figoni, 2011). Další parametr, který ovlivňuje

výsledný objem a výšku pečiva je i množství použitého tuku – čím více, tím větší objem, ale i zde může dojít k nepříjemné pachuti nebo olejovité struktuře, pokud se tuku přidá příliš (Pareyt et al., 2009).

Když jednou tuk roztaje, obalí lepkové a vaječné bílkoviny a škrob. Tím zabraňuje jejich hydrataci a formování struktury, čemuž se říká křehnutí. Čím dříve se tuk rozpouští, tím větší tuto schopnost má – nejvýznamnější jsou tedy tekuté oleje, protože tomuto přispívají už při mixování. Pokud je všechn tuk rozpuštěn, může tzv. ztenčovat těsto, což dokáže způsobit, že uvnitř těsta se začnou formovat tunely a výrobek může propadnout (Figoni, 2011).

3.3.2 Expanze vzduchu

Pára, oxid uhličitý a vzduch jsou tři nejdůležitější kypřicí plyny při pečení. Už bylo zmíněno, že pára vzniká z vody a vzduch se dostává do těsta při mixování (Figoni, 2011). Oxid uhličitý vzniká z kypřících přísad a jeho kvalita a množství, které se uvolní závisí právě na použitém kypřidle (Cauvain a Young, 2001). Teplo v peci, které postupně prohřívá těsto způsobuje migraci vody uvnitř těsta. Nejvyšších teplot bude dosahovat vnější část, kde se začne tvořit kůrka. Vlhkost bude nejvyšší ve středu těsta, kde společně se zvyšující se teplotou podpoří tvorbu kypřícího plynu a zvyšuje se objem výrobku (Burešová a Lorencová, 2013).

3.3.3 Odpařování vzduchu

Než dojde k pečení, dochází ke ztrátám CO_2 a dalších plynů z těsta, protože stěny vznikajících pórů nejsou ještě pevné a plyny nemá co zadržet. Jakmile začne koagulace bílkovin a želatinizace škrobu, tak se tento proces obrací a plyny se začnou zadržovat. Ve chvíli, kdy dochází k úniku plynných látek, formuluje se povrch pečiva a stává se pevnější, u některých druhů pečiva také křupavější. S tím také dochází ke ztrátě vlhkosti, a tedy i hmotnosti a mnohdy i různých příchutí. Například oxid uhličitý je spojen s chutí syrového těsta (Figoni, 2011).

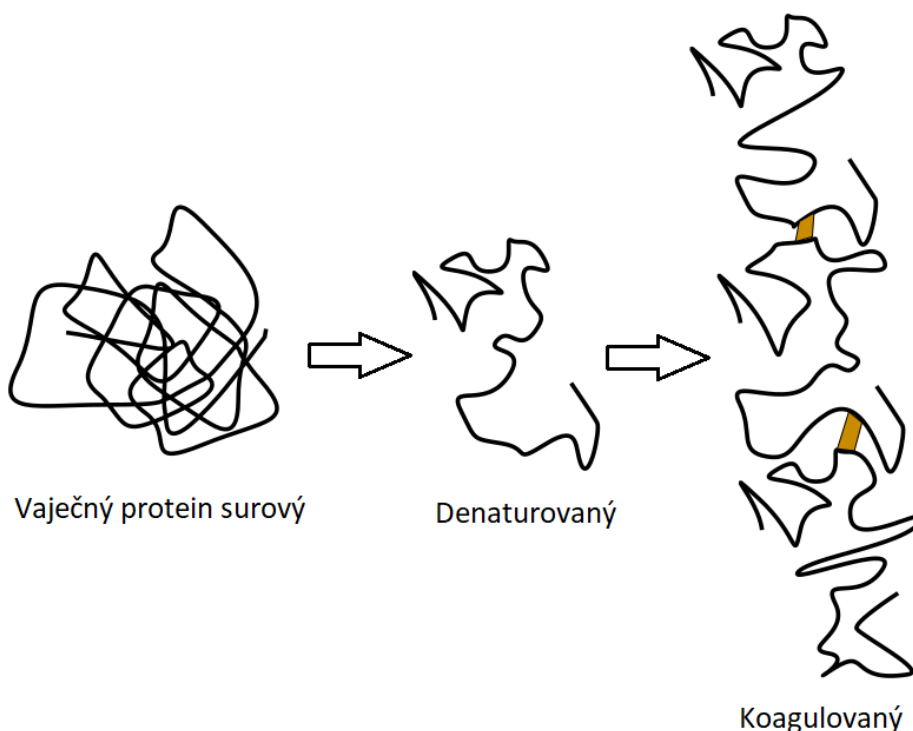
3.3.4 Rozpuštění cukru

Pokud je v těstě poměrově málo cukru s jemnou granulací, kompletně se rozpustí už při mixování. Pokud použijeme cukru více nebo těsto obsahuje málo vody, může se nerozpuštěný cukr objevit ještě na začátku pečení a napomáhá tomu, aby byl výrobek tvrdší. Když se zahřeje, tak se začne rozpouštět a odebírat vodu z jiných částí těsta a mění se v sirup, který

těsto ředí. Rozpuštěný cukr může taky způsobit rozpad struktury a vytvořit ve výrobku tunely. Aby se předešlo tomuto jevu při začátku pečení, je důležité, aby stavební jednotky začaly reagovat a tvořit strukturu a zpevnily ji (Figoni, 2011).

3.3.5 Koagulace vaječných a lepkových bílkovin

Bílkoviny lepku a vaječ jsou dvě z nejvíce důležitých stavebních jednotek v pečivu. Když dochází k jejich zahřátí, tak vysychají a tuhnou (Figoni, 2011). Při koagulaci vajec se mění tekutý stav na pevný, obvykle pomocí tepla. Denaturované vaječné bílkoviny spolu následně tvoří vazby (viz obrázek 5) (Bennion et al., 1997). Následně spolu shluky začnou tvořit síť, ve kterých se zadržuje plyn. Současně se tyto síťe a z nich stěny napínají. Poté, co se voda uvolní z molekul proteinů, ztrácí možnost se napnout a expandující vzduch proteinové stěny rozbije a ty se stanou porézními. Koagulace bílkovin tak dává vzniku konečné velikosti i tvaru pečeného muffinu (Figoni, 2011).



Obrázek 5 - Proces koagulace vaječného proteinu upravený podle Figoni (2011)

3.3.6 Želatinizace škrobu

Škrob je stejně důležitou látkou jako lepek. Struktura výrobku je závislá kromě lepku právě i na škrobu, jen z něj by byla struktura jemnější. Želatinizace nastává tehdy, když škrobové granule absorbují a při zahřívání zachytí vodu, jak volnou, tak uvolněnou z lepku nebo ji-

ných částí, čímž bobtnají a měknou. Bobtnání začíná okolo 50 °C. Při teplotě 75 °C už granulace pravděpodobně přijaly značné množství vody a těsto začíná tuhnout (Figoni, 2011). Mállokdy se stane, že škrob zeželatinizuje úplně, z důvodu nedostatku vody nebo času. Kromě toho jiné suroviny jako cukr nebo tuky ovlivňují teplotu, při které k želatizaci škrobu dochází – zvyšují ji. Celý proces ale ovlivňuje texturu, kvalitu i trvanlivost výrobku (Lineback a Wongsrikasem, 1980).

3.3.7 Karamelizace a Maillardova reakce

Dokud stále pokračuje odpařování vody ze vznikajícího muffinu, povrch je chráněn před stoupající teplotou v peci. Odpařování pomalu ustupuje a teplota pak rychle stoupá ke 50 °C. Takové teplo dokáže štěpit molekuly cukru i bílkovin, které se zdržují na povrchu. Dochází ke karamelizaci cukru, tedy k jeho rozkladu. Pokud je tento rozklad v přítomnosti bílkovin, dochází k Maillardově reakci (Figoni, 2011). Tato reakce, charakteristická vznikem neenzymového hnědnutí, zahrnuje jak reakce karbonylových sloučenin navzájem, tak jejich interakce s aminokyselinami. Vznikají tak různé produkty, které se účastní rozvoje chuti a aromatu jako například aldehydy (Mottram, 1993).

3.3.8 Změny nutrientů

V potravinách najdeme živiny jako tuky, bílkoviny, vitamíny, minerály. Tepelné změny ovlivňují všechny živiny, ale různým způsobem. Bílkoviny a škroby se stávají lépe stravitelnými, když jsou zahřívány, ale ne všechny účinky tepla jsou pozitivní. Teplo ničí například kyselinu askorbovou (vitamín C) nebo thiamin (vitamín B1) (Ranhotra a Bock, 1988).

3.4 Chlazení

Po procesu pečení dochází k poslednímu kroku, a to je chlazení hotových muffinů až na pokojovou teplotu. Při chlazení přestávají plyny tláčit na stěny vzniklých pórů. Tuky postupně opět ztuhnou, cukry rekrystalizují a kůrka se tak stává křupavější. U molekul škrobu nadále vznikají vazby a zpevňují se. U proteinových molekul také nadále vznikají vazby a dochází k jejich zpevnění, proto je dobré do právě upečeného výrobku nezasahovat, aby nedošlo k poškození. Krájet by se mělo až při teplotě 38 °C a nižší, čímž je ukončen celý proces technologie výroby (Figoni, 2011).

4 POROSITA MUFFINŮ

Pekárenské výrobky se mohou hodnotit podle různých parametrů. Textura výrobků je souhrnný termín pro smyslové podněty vizuální, zvukové a hmatové. Textura pečiva má vliv například při kousání, při kterém se pečivo deformuje. Úzce souvisí s vlastnostmi potravin jako je tvrdost, pružnost apod. Mezi faktory ovlivňující texturu se řadí obsah vzduchu, tuku nebo vlhkost, které ovlivňují pocit v ústech (Lu a Cen, 2013).

U výrobků se z texturních vlastností nejčastěji určuje tvrdost (hardness), soudržnost (cohesiveness), pružnost (springiness), žvýkatelnost (chewiness) a přilnavost (resilience). Tvrdost představuje sílu, kterou je potřeba dodat, aby se dosáhlo deformace výrobku. V ústech je vnímána jako síla skousnutím mezi zuby, popřípadě jako stlačení mezi jazykem a patrem. Soudržnost popisuje míru, do které může být vzorek deformován, než deformaci podlehne. Pružnost udává rychlost, s kterou se materiál, který byl deformován, vrací do původního stavu. Žvýkatelnost je energie, kterou je nutno vynaložit, aby se vzorek uvedl do stavu ke spolknutí a vychází ze tří předchozích parametrů. Přilnavost se popisuje jako měření toho, jak se vzorek zotaví z deformace vztažené k rychlosti a síle (Szczeniak, 2002).

Mimo tyto mechanické texturní vlastnosti jsou důležité fyzikální atributy, kde se řadí velikost, tvar, objem nebo porosita. Porosita a celková textura je při výrobě muffinů a dalších pekárenských výrobků výsledkem mnoha kroků. Na začátku je výběr vhodných surovin, následně se musí dostatečně zhomogenizovat mixováním a tím se musí započít změny jako hydratace kypřicího prášku nebo komponent mouky. Dále je důležitá tvorba sítě, do které se plyn zachytí. Pečení musí probíhat při správné teplotě a ve správném načasování, stejně jako chlazení hotového výrobku. Pokud jsou všechny kroky provedeny pečlivě, získáme optimální výrobek s rovnoměrně rozloženými póry o stejné velikosti (Shehzad, et al., 2010). Výsledky z různě pomletých mouk budou mít vliv na výsledné póry ve výrobku. Výrobky z různých mouk, které obsahují lepek, budou také dosahovat různých výsledků (Polizzotto, 1981).

Porosita se většinou značí jako ε a je definována jako podíl objemu frakce vzduchu a celkového objemu. Změřit se dá několika metodami. Můžeme jmenovat **přímou metodu**, kde se porosita určuje z rozdílu objemu kusu vzorku a jeho objemu po destrukci pomocí komprese. Tato metoda je vhodná pro vzorky, které jsou velmi jemné a mezi částicemi vzorku nepanují žádné odpuzivé ani přitažlivé síly (Sahin a Sumnu, 2006). Další je **optická metoda**, kde se pomocí mikroskopu přenese obraz do počítače, software změni snímek do palety šedé barvy

a porosita se vyhodnotí jako podíl plochy pórů ku celé ploše, která je analyzována. Tuto metodu lze použít u vzorků, které mají jednotnou porositu v celém objemu (Zou a Malzbender, 2016). Je možné zjistit i vzdálenosti, úhly a další parametry. **Metoda pyknometrická** využívá plynový pyknometr, většinou heliový, pomocí kterého se měří změna tlaku mezi dvěma komorami. Když v komorách není žádný vzorek, tlaky jsou stejné, když se do jedné komory vzorek vloží, změní se změna tlaku, která je přímo úměrná objemu (Andreola et al., 2000). **Porositometry** jsou přímo nástroje k měření porosity a dokážou změřit i velmi malé póry. Mezi nejznámější patří rtuťový porositometr, který patří mezi destruktivní metody, jelikož v pórech zůstávají zbytky toxické rtuti. Rtuť se pomocí tlaku dostává postupně i do velmi malých pórů a jejich velikost se (zjednodušeně řečeno) počítá z objemu rtuti, která se vtlačila do vzorku (Rahman, 2009).

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 CÍL PRÁCE

Cílem této diplomové práce bylo stanovení vlivu mouk o různé granulaci (k experimentu byly použity mouky hladká, polohrubá, hrubá a hladká chlebová) a vajec (sušených a čerstvých) na porositu a texturní vlastnosti muffinů.

6 CHARAKTERIZACE POUŽITÝCH MOUK, JEJICH SMĚSÍ A DALŠÍCH SUROVIN POUŽITÝCH PŘI LABORATORNÍ VÝROBĚ MUFFINŮ

Při laboratorní výrobě vzorků muffinů byly použity následující suroviny:

- Mouka hladká, polohrubá, hrubá a chlebová hladká (Babiččina volba, výrobce: Goodmills Česko, s.r.o.)
- Cukr krupice (výrobce: Cukrovar Vrbátky a.s., Česká republika)
- Řepkový olej (jedlý olej jednodruhový, výrobce: Glencore Agriculture czech s.r.o., Česká republika)
- Sušená vejce (pasterovaná vaječná směs, výrobce: Papei, a.s., Česká republika)
- Kypřicí prášek do pečiva (škrobový, sypká směs, výrobce: Vitana a.s. Česká republika)
- Mléko sušené odstředěné (Skimmed milk powder spray, výrobce: Moravia Lacto, a.s., Česká republika)
- Čerstvá česká vejce velikosti M, Karlova koruna, Česká republika
- Sůl (jedlá vakuová s jodem, výrobce: K+S Česká republika)
- Pitná voda

Použita byla modifikovaná receptura podle Rupasinghe et al. (2005). Modifikace spočívala v nahrazení jablečné vlákniny jednotlivými moukami podle připravovaných muffinů. Receptura obsahovala:

- 34,13 % mouky
- 32,13 % vody
- 15,42 % cukru
- 13,88 % oleje
- 2,57 % sušeného mléka
- 1,29 % kypřicího prášku
- 0,45 % sušených vajec
- 0,13 % soli

Složky jsou uvedeny v hmotnostních procentech. V této práci bylo připraveno celkem dvanáct různých receptur vzorků, přičemž od každé receptury byly připraveny tři vzorky. Receptury se pro lehčí orientaci dají rozdělit do tří skupin, u kterých se lišila použitá mouka a vejce, jak je znázorněno v tabulce 2.

Tabulka 2 – Receptury použité na výrobu muffinů

1. skupina		2. skupina		3. skupina	
Mouka	Vejce	Mouka	Vejce	Mouka	Vejce
Hladká	Dehydrovaná	Hladká	Rehydrovaná	Hladká	Čerstvá
Polohrubá		Polohrubá			
Hrubá		Hrubá			
Chlebová		Chlebová			

U všech skupin vzorků byly použity čtyři druhy mouk – hladká, polohrubá, hrubá a hladká chlebová. V první skupině se použila dehydrovaná vejce. V druhé skupině muffinů byla použita rehydrovaná vejce, připravena smícháním s vodou, dobře promíchána a ponechána rehydrataci po dobu 15 minut. V poslední skupině byla použita čerstvá vejce – receptura při výrobě těchto vzorků byla modifikována a byla z ní odpočítaná voda, která by byla použita pro obnovení vajec sušených. Množství odebrané vody odpovídalo poměru podle Tiefenbacher (2017), kde se uvádí, že na 13 g vaječné směsi se k obnově vajec použije 39 g vody.

7 POPIS VÝROBY MUFFINŮ A POSTUPŮ JEJICH TESTOVÁNÍ

Výroba vzorků muffinů zahrnovala navážení jednotlivých surovin. K navážení byla použita laboratorní váha (KERN EW, Česká republika) a běžné laboratorní sklo a pomůcky. U všech receptur byly použité totožné košíčky pro pečení muffinů.

První skupina muffinů, ve kterých byla použita dehydrovaná vejce, byla vyrobena následujícím způsobem:

1. Bylo naváženo přesné množství jednotlivých surovin podle dané receptury
2. Byly smíchány všechny sypké suroviny a do nich byly postupně přidány tekuté složky (v tomto případě olej a voda)
3. Elektrickým ručním mixérem (Kenwood, Velká Británie) bylo těsto mixováno do homogenní hmoty po dobu přibližně 3 minut
4. Po mixování bylo těsto rozděleno do tří košíčků, hmotnost vzorku \approx 80 g (přesná hmotnost byla zapsána)
5. Takto připravené vzorky byly vloženy do předehřáté trouby a pečeny v konvekční peci Miwe cube:air (Pekass, s.r.o., Česká republika) při 175 °C po dobu 20 minut
6. Po upečení byly vzorky ponechány chladnutí po dobu 2 hodin

Stejně byly připraveny vzorky z druhé a třetí skupiny. U druhé skupiny se postupovalo obdobně, akorát vejce se ponechaly rehydrataci po dobu 15 minut. Sypké suroviny byly opět prvně smíchány a potom se do nich připadaly tekuté složky – v tomto případě rozmíchané vejce s vodou a olej.

U třetí skupiny vzorků byly naváženy všechny suroviny podle modifikované receptury, kde se odebrala část vody na úkor čerstvých vajec. Postup byl poté stejný jako v předchozích dvou případech – tedy smíchány sypké suroviny a do nich byly přimíchány kapalné složky.

7.1 Testování výrobků

Po vychladnutí byly všechny vzorky zváženy pro výpočet ztrát při pečení a změřil se jejich objem. Následně byly vždy dva ze tří vzorků použity na texturní analýzu a jeden vzorek byl vybrán k hodnocení porosity.

7.1.1 Určování ztráty pečením

Každý vzorek byl zvážen dvakrát – jednou po smíchání všech surovin při odvážení do jednotlivých košíčků, podruhé po upečení, a to po dvou hodinách chladnutí. Pomocí vzorce byla následně vypočítaná ztráta hmotnosti pečením v procentech:

$$Z = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1} \right) \cdot 100$$

Kde Z značí ztráty pečením [%], m_1 značí hmotnost před upečením, m_2 hmotnost po upečení

7.1.2 Určování specifického objemu

Druhá analýza, která se u napečených muffinů prováděla, bylo určení specifického objemu. Toto stanovení se provádí pomocí dvou odměrných válců (jeden se použil s objemem 2 000 ml a druhý s objemem 1 000 ml). První válec se naplnil po okraj granulátem z plastu. Následně se do něj vložil měřený vzorek a granulát se opět zarovnal po okraj. Ty částičky, které byly vytlačeny, byly změřeny v menším odměrném válci. Hodnota byla zapsána. Pro každý vzorek se tato analýza provedla třikrát. Z takto změřených objemů a z hmotností po upečení byly následně vypočítány specifické objemy v jednotce $\text{ml} \cdot \text{g}^{-1}$.

7.1.3 Texturní analýza

Texturní profilová analýza (TPA) byla provedena pokaždé pro dva ze tří vzorků z jedné receptury. Vybrané muffiny byly vertikálně rozřezány na jednotnou šířku 10 mm na krájecím stroji značky Bosch. Kůrka byla oddělena a ze střídek byly vyřezány kruhové výkroje o průměru 30 mm. Z každého muffinu byly takto připraveny 3–4 vzorky, které takto připravené, byly podrobeny analýze pomocí textuometru TA.XT plus (Stable Micro Systems, UK). Analyzátor byl před použitím zkalibrován a k analýze byla použita kruhová sonda s průměrem 50 mm. Výsledky z texturní analýzy byly vyhodnoceny a byly získány parametry jako tvrdost, pružnost, žvýkatelnost, soudržnost a přilnavost.

7.1.4 Analýza porosity muffinů

Vzorek muffinu z každé receptury, který nebyl podroben TPA, byl určen na hodnocení porosity. Tyto vzorky se rozřízly a nafotily, aby bylo možno vizuálně posoudit, jak se jednotlivé receptury liší vzhledem k velikosti pórů, množství a také jejich distribuce v muffinu.

7.1.5 Statistická analýza

Statistická průkaznost rozdílů mezi vzorky byla hodnocena pomocí analýzy rozptylu. Na prokázání rozdílů mezi jednotlivými vzorky byl použit Fisherův LSD test, kde hladina významnosti byla $\alpha = 0,05$. Ke statistické analýze získaných dat byl použit program Statistica CZ 13.0 software od TIBCO Česká republika.

8 VÝSLEDKY A DISKUZE

Tato kapitola je rozdělena na osm částí podle jednotlivých druhů měření. Každá část obsahuje naměřené výsledky, které jsou statisticky ohodnocené podle vlivu surovin a vložené do tabulky. V každé tabulce se nachází výsledky rozdělené podle použité mouky a vajec i s průměry hodnot.

8.1 Ztráty pečením

Z naměřených hodnot (tabulka 3) vyplývá, že všechny výrobky měly ztráty hmotnosti při pečení v rozmezí 11,3–13,7 %. U muffinů z dehydrovaných vajec byly nalezeny statisticky významné podobnosti mezi vzorky z hladké a polohrubé mouky, muffiny z polohrubé mouky se statisticky nelišily ani s muffiny z mouky hrubé. Muffiny z chlebové mouky se statisticky nelišily od muffinů z hrubé mouky. U výrobků z rehydrovaných vajec se statisticky nelišily dvojice z hladké a chlebové mouky a z polohrubé a hrubé mouky. U muffinů z čerstvých vajec byla nalezena statisticky významná shoda, a to u vzorků z polohrubé a chlebové mouky a následně polohrubé a hrubé mouky. Nejmenší ztráty pečením byly nalezeny u muffinu vyrobeného z mouky chlebové a čerstvých vajec (11,3 %) a nejvyšší ztráta pečením u vzorku z hladké mouky a rovněž z čerstvých vajec (13,7 %).

S ohledem na vliv mouky dosahovaly vzorky z hladké mouky u dvou případů, při použití dehydrovaných a čerstvých vajec, nejvyšších ztrát pečením, ale statisticky se nelišily od muffinů z polohrubé mouky a dehydrovaných vajec a z hrubé mouky a rehydrovaných vajec. Výrobky z chlebové mouky měly průměrně nejnižší hodnoty ztrát pečením. Výsledky použití různých vajec a mouk se mezi sebou značně různí a nebyl nalezen žádný obecný vzorec v závislosti na ztráty pečením.

Tabulka 3 - Hmotnostní ztráty pečením [%] pro všechny měřené vzorky

Mouka/vejce	Dehydrovaná	Rehydrovaná	Čerstvá	Průměr
Hladká	13,5 ± 0,5f	12,0 ± 0,7abc	13,7 ± 0,9f	13,0 ± 1z
Polohrubá	13,09 ± 0,07def	13,1 ± 0,5ef	11,62 ± 0,15ab	12,6 ± 0,8y
Hrubá	12,5 ± 0,4cde	13,01 ± 0,09def	12,3 ± 0,7bc	12,6 ± 0,5y
Chlebová	11,9 ± 0,3abc	11,7 ± 0,8ab	11,3 ± 0,4a	11,6 ± 0,5x
Průměr	12,8 ± 0,8B	12,5 ± 0,9AB	12,2 ± 1,2A	

Rozdílná písmena znamenají, že se vzorky statisticky liší na hladině významnosti 5 %.

8.2 Specifický objem

Z naměřených hodnot (tabulka 4) vyplývá, že specifické objemy muffinů nabývaly hodnot v rozmezí 1,60 – 2,43 ml·g⁻¹. U muffinů z dehydrovaných vajec dosahovaly statisticky průkazně vyšších hodnot muffiny vyrobené z hladké a chlebové mouky, než vzorky z polohrubé a hrubé mouky, které se mezi sebou statisticky nelišily. U muffinů z hydratovaných vajec nebyly nalezeny statisticky významné rozdíly. U muffinů z čerstvých vajec měly statisticky průkazně nejnižší objemy muffiny z hrubé mouky. Průkazně vyšší měly specifické objemy vzorky z polohrubé a chlebové mouky, mezi nimiž nebyla nalezena statisticky významná shoda. Prokazatelně nejvyšší objem měl u vzorků z čerstvých vajec muffin z hladké mouky. Nejvyšší objem byl naměřen u vzorku vyrobeného z hladké mouky a čerstvých vajec (2,43 ml·g⁻¹) a nejnižší u vzorku z hrubé mouky a dehydrovaných vajec (1,60 ml·g⁻¹). Naměřené hodnoty specifických objemů jednotlivých vzorků vykazují souvislost s granulací jednotlivých mouk. Ve výsledcích je posloupnost u všech muffinů z různých vajec. Nejvyšší objem dosáhly muffiny z hladké mouky, následně z chlebové mouky, polohrubé mouky a nejnižší objem měly vzorky z hrubé mouky. Těsta z mouk s nižší granulací dosahovala větších objemů po upečení. To se shoduje i se studií podle Bressiani et al. (2017), kde použili mouky o různé granulaci ze stejného základu. V této studii taktéž dosáhl nejvyšší hodnoty specifického objemu vzorek s nejnižší granulací. Granulace mouky ovlivňuje fyzikální a chemické změny v těstě při výrobě muffinů, v závislosti na poškození škrobových granulí a tvorbě bílkovinné sítě.

Muffiny, ve kterých figurovala rehydrovaná sušená vejce, měly průměrně vyšší hodnoty specifického objemu než vzorky z dehydrovaných a čerstvých vajec. To mohlo být způsobeno tím, že rehydratace ovlivnila jejich emulgační schopnost a lepší vmísení do těsta. Největší objem měl vzorek z čerstvých vajec a hladké mouky, u dalších mouk na prvních místech figurují muffiny z rehydrovaných vajec.

Tabulka 4 – Specifický objem [ml·g⁻¹] pro všechny měřené vzorky

Mouka/vejce	Dehydrovaná	Rehydrovaná	Čerstvá	Průměr
Hladká	2,03 ± 0,17bcd	2,25 ± 0,04ef	2,43 ± 0,09f	2,2 ± 0,2z
Polohrubá	1,80 ± 0,30ab	2,16 ± 0,08def	1,81 ± 0,16bc	1,9 ± 0,3y
Hrubá	1,60 ± 0,09a	2,07 ± 0,07cde	1,62 ± 0,11a	1,8 ± 0,3x
Chlebová	1,94 ± 0,07bcd	2,21 ± 0,03ef	1,93 ± 0,04bc	2,02 ± 0,15y
Průměr	1,8 ± 0,3A	2,17 ± 0,09C	1,9 ± 0,4B	

Rozdílná písmena znamenají, že se vzorky statisticky liší na hladině významnosti 5 %.

8.3 Tvrdość

Naměřené hodnoty tvrdosti z textuometru (tabulka 5) se u muffinů pohybovaly v rozsahu 11–33 N. U muffinů z dehydrovaných vajec měl statisticky průkazně nejnižší tvrdost vzorek z hladké mouky. Muffiny z polohrubé a hrubé mouky se statisticky nelišily. Statisticky se nelišil ani vzorek z chlebové mouky a hrubé mouky. Zajímavé výsledky měly vzorky z rehydrovaných vajec, kde mezi muffiny z odlišných mouk nebyly nalezeny statisticky významné rozdíly. Statisticky průkazně nejnižší tvrdost měl vzorek z hladké mouky a nejvyšší z mouky chlebové. U muffinů z čerstvých vajec měl statisticky průkazně nejvyšší hodnotu tvrdosti vzorek z chlebové mouky. U muffinů z hladké, polohrubé a hrubé mouky nebyly u výrobků z čerstvých vajec nalezeny statisticky významné rozdíly a vzorky se nelišily.

Nejvyšší naměřenou hodnotu měl vzorek z rehydrovaných vajec a z chlebové mouky (33 N). Nejnižší naměřené hodnoty byly u vzorků z hladké mouky a rehydrovaných vajec (11 N) a z hrubé mouky a čerstvých vajec (11 N). Ve výsledcích tvrdosti měřených muffinů lze nalézt jistou posloupnost. Nejvyšší tvrdosti dosahovaly muffiny z chlebové mouky, a to s užitím vajec čerstvých i sušených. U sušených vajec dosahovaly nejnižší tvrdosti muffiny z hladké mouky, a muffiny z polohrubé a hrubé mouky dosahovaly střední hodnoty tvrdosti mezi těmi z hladké a chlebové mouky. Byla nalezena určitá spojitost se studií podle Bressiani et al. (2017), kde bylo zjištěno, že muffiny z vyšší granulace mouky, dosahovaly vyšších hodnot tvrdosti. Lepek v této mouce lépe interagoval s vodou a začala se tvořit pevnější bílkovinná síť, která ovlivňovala tvrdost výrobku.

U výrobků z různých vajec byly nalezeny určité rozdíly. Výrobky z čerstvých vajec dosahovaly průměrně nejnižší tvrdosti, tvrdost se ale statisticky nelišila u muffinů z hladké a hrubé mouky. Při sušení vajec dochází podle Ayadi et al. (2008) ke strukturálním změnám, které mohou zahrnovat i denaturaci bílkovin, což mohlo ovlivnit tvrdost muffin. Rehydratace sušených vajec neměla významný vliv na pevnost muffinů, rozdíly mezi výrobky ze stejných mouk z dehydrovaných a rehydrovaných vajec se statisticky nelišily.

Tabulka 5 - Tvrdość [N] pro všechny měřené vzorky

Mouka/vejce	Dehydrovaná	Rehydrovaná	Čerstvá	Průměr
Hladká	14 ± 4bc	11 ± 3ab	11,4 ± 0,8ab	12 ± 3x
Polohrubá	21 ± 3de	28 ± 4efg	8,4 ± 0,5a	19 ± 9y
Hrubá	23 ± 5def	23 ± 2d	11 ± 2a	19 ± 7y
Chlebová	26 ± 4fg	33 ± 3g	17 ± 3c	25 ± 8z
Průměr	21 ± 6B	24 ± 9B	12 ± 4A	

Rozdílná písmena znamenají, že se vzorky statisticky liší na hladině významnosti 5 %.

8.4 Soudržnost

Další analýza, která byla provedena pomocí texturometru, je určení soudržnosti (kohezivnosti) vyrobených muffinů. Naměřené hodnoty soudržnosti (tabulka 6) se pohybovaly v rozmezí 2,00–2,80 %. U muffinů z dehydrovaných vajec dosahoval nejvyšší hodnoty vzorek z chlebové mouky, který se statisticky nelišil od vzorku z polohrubé mouky. U vzorků z hladké, polohrubé a hrubé mouky nebyly nalezeny statisticky významné rozdíly. U muffinů z rehydrovaných vajec měl statisticky průkazně nejvyšší hodnotu soudržnosti vzorek z chlebové mouky. U muffinů z hladké, polohrubé a hrubé mouky nebyly nalezeny statisticky významné rozdíly. U muffinů z čerstvých vajec byla taktéž naměřena statisticky průkazně nejvyšší hodnota u vzorku z chlebové mouky. U vzorků z hladké, polohrubé a hrubé mouky nebyly nalezeny statisticky významné rozdíly.

Nejvyšších hodnot dosahovaly muffiny z mouky chlebové s použitím dehydrovaných vajec (2,80 %). Nejnižší hodnotu měly muffiny z hrubé mouky a čerstvých vajec (2,00 %). Soudržnost je závislá na granulaci použité mouky. Nejvyšší soudržnosti dosahovaly muffiny vyrobené z chlebové mouky, následně z hladké nebo polohrubé mouky a nejnižších hodnot dosahovaly vzorky z hrubé mouky. Lze konstatovat, že s nižší granulací mouky průměrně stoupá soudržnost výrobků. Totéž bylo také zjištěno ve studii Jukić et al. (2019), kde zkoumali vliv poškozených škrobových granulí v různě pomletých moukách na texturní parametry pečiva. V této studii použili pouze dvě různé granulace, ale z výsledků je patrné, že více výrobek z více pomleté mouky měl opět vyšší soudržnost než výrobky z méně pomleté mouky, vlivem více poškozených škrobových granulí a jejich lepší absorpcí vody.

Výrobky z odlišných vajec se v soudržnosti průměrně lišily pouze nepatrně. Muffiny z čerstvých vajec dosahovaly průměrně nižších hodnot než muffiny ze sušených vajec, ve většině případů ale tento rozdíl nebyl statisticky významný, jedinou výjimku tvoří rozdíl mezi muffiny z polohrubé mouky a při použití dehydrovaných a čerstvých vajec. Ponechání vajec hydrataci nebo použití čerstvých vajec nemělo vliv na soudržnost muffinů.

Tabulka 6 - Soudržnost [%] pro všechny měřené vzorky

Mouka/vejce	Dehydrovaná	Rehydrovaná	Čerstvá	Průměr
Hladká	2,34 ± 0,15abcd	2,29 ± 0,05bcd	2,26 ± 0,14abc	2,30 ± 0,12x
Polohrubá	2,40 ± 0,30cde	2,34 ± 0,06bcd	2,08 ± 0,07ab	2,26 ± 0,19x
Hrubá	2,12 ± 0,14abc	2,13 ± 0,06abc	2,00 ± 0,11a	2,08 ± 0,12x
Chlebová	2,80 ± 0,30e	2,68 ± 0,09e	2,63 ± 0,18de	2,7 ± 0,3y
Průměr	2,4 ± 0,4B	2,4 ± 0,3B	2,2 ± 0,3A	

Rozdílná písmena znamenají, že se vzorky statisticky liší na hladině významnosti 5 %.

8.5 Pružnost

Další měřený parametr byla pružnost, kde naměřené výsledky (tabulka 7) se pohybovaly v rozmezí hodnot 0,55–0,90 %. U muffinů z dehydrovaných vajec nebyly nalezeny mezi vzorky z různých mouk statisticky významné rozdíly. U vzorků z rehydrovaných vajec také nebyly nalezeny statisticky významné rozdíly mezi muffiny z různých mouk, ale statisticky průkazně dosahovaly nejnižších hodnot s výjimkou vzorku z hladké mouky, který se statisticky nelišil se vzorkem z čerstvých vajec a hrubé mouky. U muffinů z čerstvých vajec byly nalezeny statisticky významné shody. Muffiny z hladké mouky se statisticky nelišily od vzorků z chlebové mouky a vzorky z polohrubé mouky se nelišily od těch z hrubé mouky.

Nejnižší hodnotu měly muffiny z rehydrovaných vajec a z polohrubé mouky (0,54 %). Nejvyšší hodnoty měly muffiny z hladké mouky s použitím dehydrovaných a čerstvých vajec (0,90 %). Různá granulace mouk ovlivnila hodnoty pružnosti muffinů. Z hodnot vyplývá, že muffiny nabývaly průměrně větší pružnosti, pokud byly vyrobeny z jemněji pomleté mouky – největší hodnoty dosahovaly výrobky z hladké mouky, nejnižších potom výrobky z polohrubé a hrubé mouky. Výsledné hodnoty se při použití stejných vajec ve většině případů statisticky neliší. Podobných výsledků dosáhli ve studii Liu et al. (2014), kde pomleli pšeničnou mouku na pět různých granulací. V této studii je rovněž patrné, že výrobky z hrubě pomleté mouky měly nižší hodnoty pružnosti než ty z více pomleté mouky, kde byly škrobové granule více poškozené. Změny pružnosti ani v této studii nejsou statisticky významné. Dá se předpokládat, že vzorky z více pomletých mouk mají větší pružnost v závislosti na silněji utvořené síti, související s hydratací škrobových granulí.

Z hlediska použitých vajec dosahovaly nižší pružnosti vzorky vyrobené ze sušených vajec, která byla rehydrována. Vzorky ze sušených vajec dehydrovaných a čerstvých se statisticky nelišily a obojí jsou vhodné pro výrobu produktů s vyšší pružností.

Tabulka 7 - Pružnost [%] pro všechny měřené vzorky

Mouka/vejce	Dehydrovaná	Rehydrovaná	Čerstvá	Průměr
Hladká	0,90 ± 0,02d	0,582 ± 0,018ab	0,90 ± 0,04d	0,80 ± 0,16y
Polohrubá	0,83 ± 0,04d	0,54 ± 0,03a	0,826 ± 0,018cd	0,74 ± 0,14xy
Hrubá	0,78 ± 0,04cd	0,55 ± 0,04a	0,78 ± 0,12bc	0,70 ± 0,14x
Chlebová	0,81 ± 0,03cd	0,55 ± 0,03a	0,83 ± 0,03d	0,73 ± 0,14x
Průměr	0,83 ± 0,06B	0,55 ± 0,03A	0,83 ± 0,08B	

Rozdílná písmena znamenají, že se vzorky statisticky liší na hladině významnosti 5 %.

8.6 Žvýkatelnost

Další v pořadí měřených veličin, ke kterým byla použita profilová texturní analýza je žvýkatelnost. Naměřené hodnoty žvýkatelnosti (tabulka 8) se pohybovaly v rozmezí 14–58 N. U muffinů z dehydrovaných vajec měl statisticky průkazně nejvyšší hodnotu žvýkatelnosti vzorek z chlebové mouky. Nejnížší hodnotu měl statisticky průkazně vzorek z hladké mouky. Mezi muffiny z polohrubé a hrubé mouky nebyl nalezen statisticky významný rozdíl. U muffinů z rehydrovaných vajec měly vzorky výsledky stejné. Statisticky průkazně nejvyšší hodnotu žvýkatelnosti měl vzorek z chlebové mouky a nejnížší měl statisticky průkazně vzorek z hladké mouky. Mezi muffiny z polohrubé a hrubé mouky rovněž nebyl nalezen statisticky významný rozdíl. U muffinů z čerstvých vajec měl statisticky průkazně nejvyšší hodnotu žvýkatelnosti vzorek z chlebové mouky. Nejnížší hodnoty měly vzorky z polohrubé a hrubé mouky, mezi kterými nebyl nalezen statisticky významný rozdíl. Muffiny z hladké mouky se statisticky lišily od ostatních muffinů z čerstvých vajec.

Nejvyšší hodnotu žvýkatelnosti měly muffiny vyrobené z dehydrovaných vajec a z chlebové mouky (58 N). Nízké hodnoty žvýkatelnosti měly muffiny z hladké mouky s použitím rehydrovaných vajec (14 N). Zatímco u předešlých parametrů byl nalezen určitý vzorec chování mouk odlišných granulací, u žvýkatelnosti se hodnoty výrobků liší. Pouze muffiny z chlebové mouky dosáhly pokaždé nejvyšších hodnot žvýkatelnosti. U výrobků ze sušených vajec byla druhá nejvyšší hodnota u muffinů z polohrubé mouky, následně hrubé a nejnížší u hladké mouky. U muffinů z čerstvých vajec byla posloupnost žvýkatelnosti nejvyšší u těch z chlebové, následně hladké, hrubé a polohrubé mouky. Ve studii podle Liu et al. (2014), kde u vzorků použili také různou granulaci mouky, se výsledky žvýkatelnosti také různě liší a není zde nalezena žádná určitá posloupnost. Nejvyšší hodnotu zde měl vzorek, jehož mouka obsahovala největší částice (dá se přirovnat hrubé mouce, jelikož v zahraničí se mouky nedělí podle granulace stejně jako v České republice). Následující hodnoty se podle

stupně pomletí nedají sestupně seřadit. Jako protiklad se může použít studii podle Lapčíkové et al. (2019), kde byly vyrobeny vzorky rovněž z mouk s různou granulací a hodnoty žvýkatelnosti s touto proměnnou ukázaly jistou spojitost. Zde nejvyšších hodnot nabyly opět vzorky z chlebové mouky, následně hladké, polohrubé a hrubé. Tedy čím méně pomletá mouka (menší granulace), tím větší měly vzorky žvýkatelnost.

Vzorky ze sušených vajec dosahovaly vyšší žvýkatelnosti než ty, kde k výrobě byla použita čerstvá vejce, z níž obdobně jako u parametru specifického objemu nebo soudržnosti nabývaly nižších hodnot. U žvýkatelnosti muffinů mohl hrát vliv sušení vajec, při kterém se podle Ayadi et al. (2008), dějí strukturální změny jako denaturace proteinů. Sušení vajec ovlivňuje gelotvorné a emulgační schopnosti vajec, což mohlo způsobit navýšení žvýkatelnosti oproti vzorkům z čerstvých vajec. Vzorky z rehydrovaných vajec stejně jako u pružnosti nabývaly nižších hodnot než výrobky z dehydrovaných vajec.

Tabulka 8 – Žvýkatelnost [N] pro všechny měřené vzorky

Mouka/vejce	Dehydrovaná	Rehydrovaná	Čerstvá	Průměr
Hladká	29 ± 9cde	14 ± 4ab	23 ± 3bc	23 ± 9x
Polohrubá	41 ± 8h	36 ± 5def	14,4 ± 1,1a	31 ± 13y
Hrubá	38 ± 10fgh	26 ± 3cd	18 ± 5a	27 ± 11xy
Chlebová	58 ± 10i	48 ± 4gh	37 ± 8efg	48 ± 12z
Průměr	42 ± 14C	32 ± 14B	23 ± 10A	

Rozdílná písmena znamenají, že se vzorky statisticky liší na hladině významnosti 5 %.

8.7 Přílnavost

Hodnocení přílnavosti byl poslední vyhodnocovaný parametr z texturní profilové analýzy. Naměřené hodnoty (tabulka 9) se pohybovaly v rozmezí 0,21–0,29 Pa. Muffiny z dehydrovaných a rehydrovaných vajec a z různých mouk mezi sebou neměly žádné statisticky významné rozdíly a všechny vzorky si byly podobné. V případě muffinů z čerstvých vajec byla nalezena statisticky významná shoda mezi vzorky z chlebové a hladké mouky. Muffiny z hladké mouky se rovněž statisticky nelišily od muffinů z polohrubé a hrubé mouky.

Nejnižší naměřená hodnota přílnavosti byla u muffinu z chlebové mouky a dehydrovaných vajec (0,21 Pa). Nejvyšší naměřená hodnota přílnavosti byla u vzorku z hrubé mouky a čerstvých vajec (0,29 Pa). Různá granulace mouk neukázala na první pohled významný vliv. Vzorky se shodují s nejmenší naměřenou hodnotou u výrobků z chlebové mouky, následně polohrubé a hladké mouky a nejvyšších průměrných hodnot dosáhly vzorky z hrubé mouky.

To se shoduje i se studií podle Jukić et al. (2019), kde u vzorků z více pomleté mouky byly naměřeny průměrně menší hodnoty přilnavosti, ale statisticky se také nelišily. Ve studii podle Lapčíkové et al. (2019) autoři rovněž naměřili, že u pečiva z chlebové mouky byly nejnižší hodnoty přilnavosti, která následně stoupala u pečiva s vyšší granulací mouky.

Rozdíl mezi sušenými a čerstvými vejci je na první pohled nepatrný, ale průměrně byla přilnavost u muffinů z čerstvých vajec vyšší než u muffinů ze sušených vajec. Ve většině případů nebyly nalezeny statisticky významné rozdíly. Výjimku tvořily muffiny z hrubé mouky, kdy se vzorky ze sušených vajec statisticky lišily od vzorku z čerstvých vajec.

Tabulka 9 - Přilnavost [Pa] pro všechny měřené vzorky

Mouka/vejce	Dehydrovaná	Rehydrovaná	Čerstvá	Průměr
Hladká	0,26 ± 0,03abc	0,25 ± 0,01abc	0,27 ± 0,03bcd	0,26 ± 0,03y
Polohrubá	0,24 ± 0,04abc	0,233 ± 0,016abc	0,27 ± 0,03cd	0,25 ± 0,03y
Hrubá	0,27 ± 0,04abc	0,26 ± 0,03bc	0,29 ± 0,06d	0,27 ± 0,05y
Chlebová	0,21 ± 0,04ab	0,205 ± 0,015a	0,22 ± 0,03ab	0,21 ± 0,03x
Průměr	0,24 ± 0,04A	0,24 ± 0,03A	0,26 ± 0,05B	

Rozdílná písmena znamenají, že se vzorky statisticky liší na hladině významnosti 5 %.

8.8 Porosita

Poslední analýzou hotových muffinů bylo hodnocení porosity (tabulka 10). Tabulka je rozdělená podle jednotlivých receptur, kdy se v řádcích nachází rozdílné mouky při výrobě muffinů (pod sebou hladká, polohrubá, hrubá, chlebová) a ve sloupcích rozdílná vejce (zleva dehydrovaná, rehydrovaná a chlebová) – v tabulce je uváděn pokaždé pouze druh mouky a druh vajec.

Z tabulky vyplynulo, že vliv mouk byl na porositu větší, než vliv vajec. Popis jednotlivých muffinů je jednodušší podle použité mouky v jednotlivých řádcích tabulky, kde jsou na první pohled lépe porovnatelné jednotlivé rozdíly.

Výrobky z **hladké mouky** obsahovaly největší póry ve srovnání s ostatními moukami. U muffinů z dehydrovaných vajec jsou tyto póry rozložené v celém průřezu. Dominovalo zde pět velkých pórů a následně několik menších. Největší póry byly dlouhé přibližně dva centimetry a široké okolo půl centimetru. U muffinů z rehydrovaných vajec se velké póry nacházely v dolní části muffinu, ve středové části téměř nebyly a nacházely se zde pouze póry menších rozměrů. Několik středně velkých pórů se objevovalo při vrcholu. Póry v dolní

části muffinu měly délku okolo jednoho centimetru, na šířku byly velké okolo půl centimetru. Na celém průřezu bylo vidět mnoho menších pórů. Poslední muffin z hladké mouky, který nebyl vyroben ze sušených vajec, ale z vajec čerstvých, měl póry nejmenší. Tyto póry byly nejvíce rovnoměrně distribuované v celém průřezu ze všech tří zkoumaných vzorků – dole, ve středu i ve vrchní části. Nacházelo se zde několik větších pórů, které dosahovaly délky okolo jednoho centimetru a šířky okolo čtvrtiny centimetru.

Při srovnání muffinů z **polohrubé mouky** s těmi z hladké mouky bylo na první pohled zřejmé, že obsahovaly mnohem menší póry. U muffinu, kde byla použita dehydrovaná vejce, se větší póry nacházely při okrajích muffinu. Tyto póry neměly rozměry větší než půl centimetru. Ve středové části byly viditelné pouze jemnější póry, u kterých byly rozměry těžce měřitelné. U muffinu z rehydrovaných vajec se nacházel jeden větší pór uprostřed, ostatní jsou opět menší a rozměry byly stěží určitelné. Poslední muffin z polohrubé mouky, s čerstvými vejci, obsahoval v dolní polovině průřezu drobnější póry s jedním větším pórem. V horní polovině průřezu byly póry obtížně rozeznatelné.

Muffiny z **hrubé mouky** byly s ohledem na porositu podobné vzorkům z polohrubé mouky. U vzorků ze sušených vajec se objevovaly pouze drobné póry s obtížně měřitelnou velikostí. U vzorku z čerstvých vajec měly tyto póry mírně větší rozměry a byly rovnoměrně distribuované v celém průřezu. Jejich velikost byla opět velmi malá a hůře určitelná.

Poslední skupinou byly muffiny vyrobené z **chlebové mouky**. Jejich porosita byla podobná muffinům z hladké mouky, jelikož se zde oproti výrobkům z polohrubé a hrubé mouky nacházely i póry s většími rozměry než půl centimetru. U muffinů z dehydrovaných vajec bylo možné pozorovat dva větší póry v dolní části vzorku, dosahující délky okolo dvou centimetrů a jejich šířka byla okolo jednoho centimetru. V průřezu bylo také viditelných několik pórů, které měly rozměry pod půl centimetru, a to i ve středové a horní části vzorku. Výrobek z rehydrovaných vajec byl podobný předchozímu. V jeho dolní části se nacházely dva větší póry, jeden s délkou okolo dvou centimetrů a šířkou okolo jednoho centimetru. Druhý byl rozměrově menší – délka okolo jednoho centimetru a šířka menší než půl centimetru. V tomto vzorku bylo dále mnoho menších pórů, jejichž velikosti jsou obtížně určitelné. Poslední vzorek byl z čerstvých vajec. U něj bylo překvapivé, že oproti muffinům ze sušených vajec, se u něj nenacházely póry s rozměry, které by převyšovaly ostatní – v průřezu bylo viditelných více pórů, které měly podobné parametry. Ty se nacházely více mimo střed

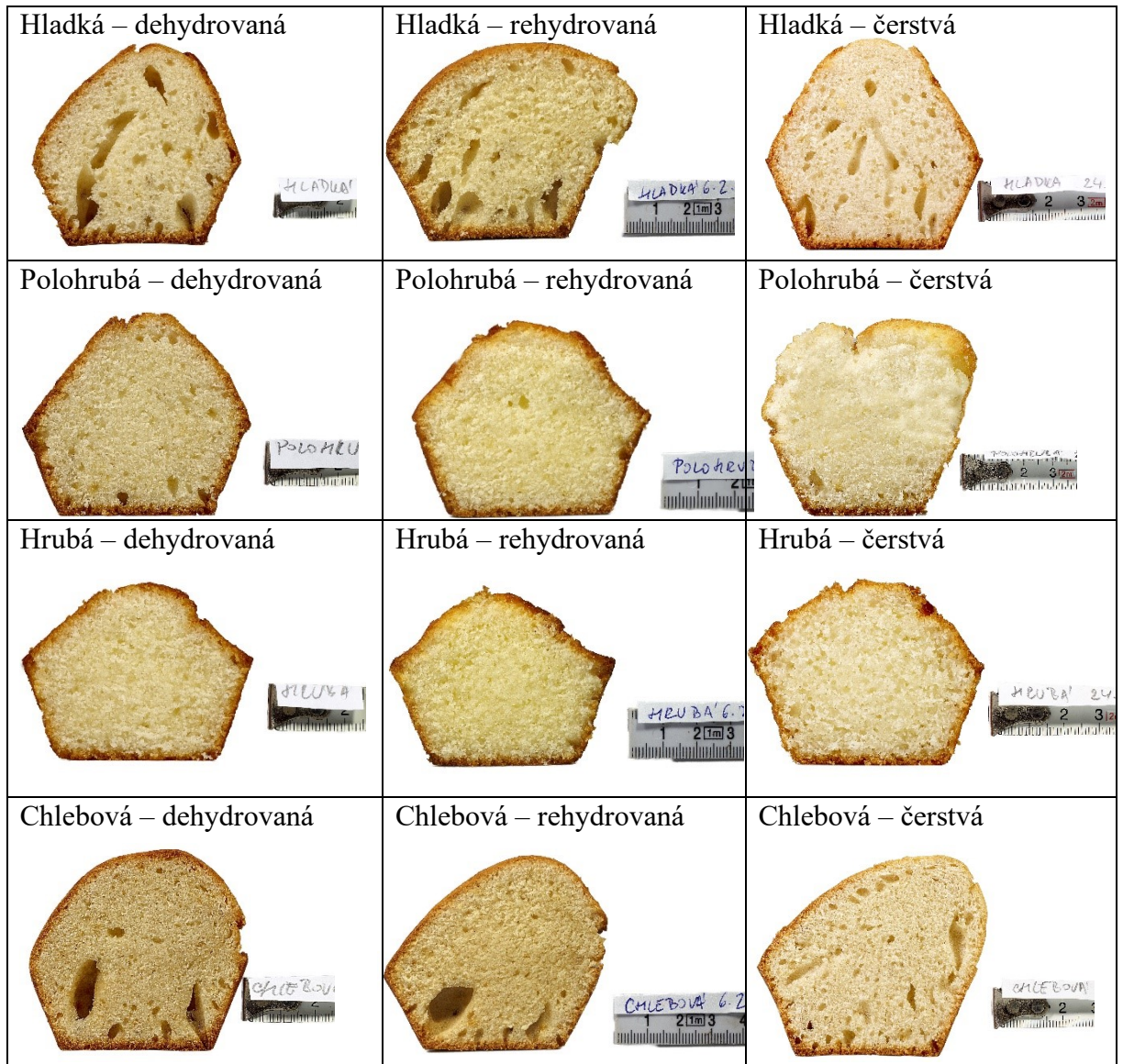
muffinu. Dva póry měly délku větší než jeden centimetr, na šířku byly nedosahovaly víc než půl centimetru. Zbylé póry se rozměrově vlezly pod půl centimetru jak šířkou, tak délkou.

Granulace mouky měla vliv na porositu muffinů. Největší póry měly výrobky, kde byla použita hladká a chlebová mouka, tedy mouky s nižší granulací. Tyto mouky mají více poškozené škrobové granule než mouky polohrubá a hrubá s vyšší granulací. Tím dochází k tomu, že se lépe absorbuje voda a ovlivňuje se tvorba sítě uvnitř muffinu (Ali et al., 2014). Těsto je schopno zadržet větší množství plynu, který vzniká z kypřidla. Tímto se kromě větších pórů uvnitř těsta tvoří i větší objem upečených výrobků a výrobek je klenutý (Hampl et al., 1981). Oproti tomu výrobky z mouky s větší granulací vznikající plyn nedokážou pořádně zadržet, nabývají nižších specifických objemů a obsahují menší póry ve střídce. Stejnou závislost s granulací mouky pozorovali také ve studii Drakos et al. (2017), kde pomleli mouku, aby získali různé granulace. Jemněji pomletá mouka v muffinech umožnila vznik více pórovitých výrobků.

Použití rozlišného typu vajec mělo na výrobky s ohledem na porositu také určitý vliv. Čerstvá vejce v muffinech z hladké mouky způsobila, že póry oproti muffinům ze sušených vajec a stejné mouky byly menší a rovnoměrněji zastoupené po celém vzorku, což mohlo být způsobené odlišnými emulgačními schopnostmi. Čerstvost má sama významnou roli, jelikož starší vejce mají potlačené přirozené vlastnosti a podléhají vnitřním změnám. Čerstvost vajec byla zkoumána ve studii podle Xing et al. (2015). V této studii byla použita vejce s různou čerstvostí a mimo jiné zde byl určený vliv i na výsledný upečený produkt. Oproti tomu u sušených vajec má vliv například teplota, při které celý produkt vzniká, čímž se zabývali ve studii podle Ayadi et al. (2008) ve své studii, kde byl zjišťován vliv sušení na vlastnosti vajec. Vlastní proces sušení má vliv mimo jiné na proteiny vajec, čímž se ovlivňují vlastnosti nejen sušených vajec, ale i výsledného produktu.

Muffiny z hladké, hrubé a chlebové mouky ve spojitosti s čerstvými vejci měly co se týče velikosti, distribuce a množství pórů nejlepší výsledky. Velikost a množství pórů také odpovídá celkovému objemu, kdy největší objem dosahovaly právě muffiny z hladké a chlebové mouky, což je také jedním z ukazatelů kvality výrobků.

Tabulka 10 - Hodnocení porosity muffinů



ZÁVĚR

Muffiny jsou druh jemného pečiva, které si svým charakteristickým vzhledem a chutí získaly řadu příznivců. Použité suroviny ovlivňují výslednou kvalitu. Tato práce je zaměřena na porositu a texturní vlastnosti muffinů při použití mouk o různé granulaci a odlišného typu vajec.

V této práci bylo zjištěno, že použitá mouka i vejce ovlivňují výsledné muffiny. Nižší granulace mouky příznivě ovlivňovala specifický objem muffinů, jejich soudržnost a pružnost. Mouky s vyšší granulací měly vyšší hodnoty tvrdosti. Vliv granulace mouky se nedal jednoznačně určit z naměřených výsledků žvýkatelnosti a přilnavosti. Sušená vejce měla příznivější vliv na vlastnosti muffinů. Dehydrovaná vejce zvýšila hodnoty specifického objemu, pružnosti a žvýkatelnosti. Dehydrovaná i rehydrovaná vejce měly vyšší hodnoty v případě tvrdosti. Čerstvá vejce v receptuře prokazatelně zlepšovala pouze pružnost muffinů. Granulace mouk značně ovlivnila porositu muffinů. Největší póry byly nalezeny u vzorků z mouk s nižší granulací. Použití odlišného typu vajec mělo rovněž vliv na póry. Dehydrovaná sušená vejce a vejce čerstvá způsobily rovnoměrnější distribuci pórů v celém muffinu.

Závěrem této práce vyplývá, že granulace mouky i typ použitých vajec má vliv na výsledné muffiny. Jako nejvhodnější mouka pro výrobu muffinů je v této práci určena hladká mouka, která zlepšovala soudržnost, pružnost, žvýkatelnost, zvětšovala výsledný objem výrobků a zároveň dala vzniku větším pórům než ostatní použité mouky. Dále bylo určeno, že dehydrovaná vejce jsou vhodnější pro přípravu muffinů s lepšími vlastnostmi než čerstvá vejce nebo vejce ponechaná rehydrataci, jelikož zvyšovala specifický objem, tvrdost, pružnost a žvýkatelnost muffinů.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- ALI, R., Khan, S., Sayeed, S., Ahmed, R., Saeed, G., Mobin, L. (2014). Relationship of damaged starch with some physicochemical parameters in assessment of wheat flour quality. *Pakistan Journal of Botany*. 46. 2217-2225.
- ANDREOLA, F., Leonelli, C., Romagnoli, M., Miselli, P. (2000). Techniques Used to Determine Porosity. *American Ceramic Society Bulletin*. 79. 49-52.
- ASGHAR, A. a Abbas M. Dried egg powder utilization, a new frontier in bakery products. *Agriculture and Biology Journal of North America* [online]. 2012, 3(13), 493-505 DOI: 10.5251/abjna.2012.3.12.493.505. ISSN 21517517.
- ASH, M. *Gluten Digestion in the Face of Inadvertent Exposure*. Clinical education [online]. United Kingdom, Ash Michael, 2015. Dostupné z: <https://www.clinicaleducation.org/tag/dipeptidyl-peptidase-iv-ddp-iv/>
- AYADI, M. A., Khemakhem, M., Belgith, H., Attia, H. (2008). Effect of Moderate Spray Drying Conditions on Functionality of Dried Egg White and Whole Egg. *Journal of Food Science*, 73(6), E281–E287. doi:10.1111/j.1750-3841.2008.00811.x
- BALDWIN, R. R., Baldry, R. P., Johansen, R. G. (1972). Fat systems for bakery products. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 49(8), 473–477. doi:10.1007/bf02582482
- BENNION, E. B., G. S. T. BAMFORD a A. J. BENT. Eggs and egg products., ed. The Technology of Cake Making. Boston, MA: Springer US, 1997, 1997, s. 18-24. DOI: 10.1007/978-1-4757-6690-5_3. ISBN 978-1-4419-4742-0. Dostupné z: http://link.springer.com/10.1007/978-1-4757-6690-5_3
- BHANDARI, Bhash, ed. *Handbook of food powders: processes and properties*. Oxford: Woodhead Publishing, 2013. Woodhead Publishing series in food science, technology and nutrition. ISBN 978-0-85709-513-8.
- BLÁHA, Ludvík a František Šrek. *Suroviny pro učební obor Cukrář, Cukrářka*. 2. aktualizované vyd. Praha: Informatorium, 1996. ISBN 80-85427-86-9.

- BRESSIANI, J., Oro, T., Santetti, G. S., Almeida, J. L., Bertolin, T. E., Gómez, M., , Gutkoski, L. C. (2017). Properties of whole grain wheat flour and performance in bakery products as a function of particle size. *Journal of Cereal Science*, 75, 269–277. doi:10.1016/j.jcs.2017.05.001
- BUREŠOVÁ, I. a E. Lorencová. *Výroba potravin rostlinného původu: zpracování obilovin*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2013. ISBN 978-80-7454-278-7.
- CAUVAIN, S. P. a L. S. Young. *Baking problems solved*. Cambridge, England: Woodhead Pub., 2001. ISBN 978-1-85573-564-4.
- CAUVAIN, S. P. Key Relationships Between Ingredients, Recipes and Baked Product Qualities. *Baking Problems Solved* [online]. Elsevier, 2017, 2017, s. 145-152 [cit. 2020-03-03]. DOI: 10.1016/B978-0-08-100765-5.00003-5. ISBN 9780081007655. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780081007655000035>
- CLARKE M., Singh, R. P. *Sugar*. Encyclopædia Britannica [online]. Nakladatelství: Encyclopædia Britannica, inc. Velká Británie, 2019. Dostupné z: <https://www.britannica.com/science/sugar-chemical-compound>
- DELCOUR, J. A., Joye, I. J., Pareyt, B., Wilderjans, E., Brijs, K., Lagrain, B. (2012). Wheat Gluten Functionality as a Quality Determinant in Cereal-Based Food Products. *Annual Review of Food Science and Technology*, 3(1), 469–492. doi:10.1146/annurev-food-022811-101303
- DIZLEK, H. (2015). Effects of Amount of Batter in Baking Cup on Muffin Quality. *International Journal of Food Engineering*. doi:10.1515/ijfe-2015-0066
- DRAKOS, A., Kyriakakis, G., Evageliou, V., Protonotariou, S., Mandala, I., , Ritzoulis, C. (2017). Influence of jet milling and particle size on the composition, physicochemical and mechanical properties of barley and rye flours. *Food Chemistry*, 215, 326–332. doi:10.1016/j.foodchem.2016.07.169
- FIGONI, P. *How baking works: exploring the fundamentals of baking science*. 3rd ed. Hoboken, N.J.: John Wiley, c2011. ISBN 978-0-470-39267-6.
- FISZMAN, S. M., Sanz, T., Salvador, A. (2013). Instrumental assessment of the sensory quality of baked goods. *Instrumental Assessment of Food Sensory Quality*, 374–402. doi:10.1533/9780857098856.3.374

- GOESAERT, H., Brijs, K., Veraverbeke, W. S., Courtin, C. M., Gebruers, K., Delcour, J. A. (2005). Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality. *Trends in Food Science, Technology*, 16(1-3), 1230. doi:10.1016/j.tifs.2004.02.011
- GOSWAMI, D., Gupta, R. K., Mridula, D., Sharma, M., Tyagi, S. K. (2015). Barnyard millet based muffins: Physical, textural and sensory properties. *LWT - Food Science and Technology*, 64(1), 374–380. doi:10.1016/j.lwt.2015.05.060
- HAMPL, J. a kol. *Jakost pekárenských a cukrárenských výrobků*. Praha, 1981, 227 s.
- IBIROGBA, Femi. (2019) *How non-implementation of plan prevents one million jobs, egg powder production*. [online]. Velká Británie: The Guardian, 2019 [cit. 2020-03-03]. Dostupné z: <https://guardian.ng/features/agro-care/how-non-implementation-of-plan-prevents-one-million-jobs-egg-powder-production/>
- JUKIĆ, M., D. Komlenić, K. Mastanjević, K. Mastanjević, M. Lučan, C. Popovici, G. Nakov aj. Lukinac. Influence of damaged starch on the quality parameters of wheat dough and bread. *Ukrainian Food Journal* [online]. 2019, 8(3), 512-521 DOI: 10.24263/2304-974X-2019-8-3-8. ISSN 23135891. Dostupné z: <http://nuft.edu.ua/doi/doc/ufj/2019/3/8.pdf>
- LAPČÍKOVÁ, B., Burešová, I., Lapčík, L., Dabash, V., Valenta, T. (2019). Impact of particle size on wheat dough and bread characteristics. *Food Chemistry*, 297, 124938. doi:10.1016/j.foodchem.2019.06.005
- LINEBACK, D. R., Wongsrikasem, E. (1980). Gelatinization of starch in baked products. *Journal of Food Science*, 45(1), 71–74. doi:10.1111/j.1365-2621.1980.tb03873.x
- LIU, Chong, Limin Li, Jing Hong, Xueling Zheng, Ke Bian, Yu Sun A Jie Zhang. Effect of mechanically damaged starch on wheat flour, noodle and steamed bread making quality. *International Journal of Food Science, Technology* [online]. 2014, 49(1), 253-260 DOI: 10.1111/ijfs.12306. ISSN 09505423. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/ijfs.12306>
- LU, R a H. CEN. *Instrumental Assessment of Food Sensory Quality: A Practical Guide*. 2013, 230-255. ISBN 9780857098856. Dostupné také z: <http://search.ebsco-host.com/login.aspx?direct=true,db=edsgvr,an=edsgcl.6948800020,scope=site> doi:10.1533/9780857098856.2.230

- MASON, William R. Starch Use in Foods. *Starch* [online]. Elsevier, 2009, 2009, s. 745-795
DOI: 10.1016/B978-0-12-746275-2.00020-3. ISBN 9780127462752. Dostupné z:
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780127462752000203>
- MILLER. Role of Salt in Baking. *Cereal Foods World* [online]. 2008 DOI: 10.1094/CFW-53-1-0004. ISSN 01466283. Dostupné z: <http://www.aaccnet.org/publications/plexus/cfw/pastissues/2008/abstracts/CFW-53-1-0004.html>
- MOTTRAM, D. S. Flavor Compounds Formed during the Maillard Reaction. PARLIMENT, *Thermally Generated Flavors* [online]. Washington, DC: American Chemical Society, 1993, 1993-11-30, s. 104-126 ACS Symposium Series. DOI: 10.1021/bk-1994-0543.ch010. ISBN 0-8412-2742-X. Dostupné z: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/bk-1994-0543.ch010>
- NIEWINSKI, M. M. Advances in Celiac Disease and Gluten-Free Diet. *Journal of the American Dietetic Association* [online]. 2008, 108(4), 661-672 DOI: 10.1016/j.jada.2008.01.011. ISSN 00028223. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0002822308000126>
- OLVER L., 2015: *Food timeline: FAQs: Cakes*. Dostupné z: <http://www.foodtimeline.org/foodcakes.html#cupcakes>
- ONWULATA, C. Properties of Culinary Powders., ed. Encapsulated and Powdered Foods [online]. *CRC Press*, 2005, 2005-05-26, s. 435-450 [cit. 2020-03-03]. Food Science and Technology. DOI: 10.1201/9781420028300.ch16. Dostupné z: <http://www.crcnetbase.com/doi/abs/10.1201/9781420028300.ch16>
- PAREYT, B., Talhaoui, F., Kerckhofs, G., Brijs, K., Goesaert, H., Wevers, M., Delcour, J. A. (2009). The role of sugar and fat in sugar-snap cookies: Structural and textural properties. *Journal of Food Engineering*, 90(3), 400–408. doi:10.1016/j.jfoodeng.2008.07.010
- PIXNIO. In: *Pixnio* [online]. [cit. 2020-03-08]. Dostupné z: <https://pixnio.com/food-and-drink/bread/bread-food-macro>
- POLIZZOTTO, L. M. *Dietary fiber sources: their incorporation in muffins, effects of processing, and consumer acceptability*. 1981.
- RAHMAN, S. *Food properties handbook*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, c2009. ISBN 9780849350054.

- RANHOTRA, G. S. a M. A. BOCK. Effects of Baking on Nutrients.. *Nutritional Evaluation of Food Processing* [online]. Dordrecht: Springer Netherlands, 1988, 1988, s. 355-364. DOI: 10.1007/978-94-011-7030-7_13. ISBN 978-94-011-7032-1. Dostupné z: http://link.springer.com/10.1007/978-94-011-7030-7_13
- RUPASINGHE, H. V., Wang, L., Huber, G. M., Pitts, N. L. (2008). Effect of baking on dietary fibre and phenolics of muffins incorporated with apple skin powder. *Food Chemistry*, 107(3), 1217-1224.
- SAHIN, S. a S. G. Sumnu. *Physical properties of foods*. New York: Springer, c2006. ISBN 978-0-387-30780-0.
- SEREN Ch. H. (2008), *A short history of the muffin*, Serenity kitchen [online]. London, [cit. 2020-03-02]. Dostupné z: <https://www.serenitykitchen.com/a-short-history-of-the-muffin/>
- SHEHZAD, A., Chiron, H., Della Valle, G., Kansou, K., Ndiaye, A., Réguerre, A. L. (2010). Porosity and stability of bread dough during proofing determined by video image analysis for different compositions and mixing conditions. *Food Research International*, 43(8), 1999–2005. doi:10.1016/j.foodres.2010.05.019
- SHUSTER M., 2015: *Muffins, Sweet and Savory*. Yankee [online]. 54-59 str. ISSN 00440191. Dostupné z: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true,db=asn,an=102342586,scope=site>
- SKOUPIL, J. *Suroviny a polotovary pro cukrářskou výrobu*. Brno: Společenstvo cukrářů České republiky, 2005. ISBN 80-239-6061-x.
- SZCZESNIAK, A. S. (2002). Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*, 13(4), 215–225. doi:10.1016/s0950-3293(01)00039-8
- TEE, Susanna. *I těsto, 100 muffinů*. Praha: Slovart, 2009. ISBN isbn978-80-7391-271-0.
- THORVALDSSON, K., Skjöldebrand, C. (1998). Water Diffusion in Bread During Baking. *LWT – Food Science and Technology*, 31(7-8), 658–663. doi:10.1006/fstl.1998.0427
- TIEFENBACHER, F. K. *The Technology of Wafer and Waffle I: Operational Aspects*. London: Academic Press, [2017]. ISBN 978-0-12-809438-9.

- TORBICA, A., Hadnađev M. A Dapčević T. Rheological, textural and sensory properties of gluten-free bread formulations based on rice and buckwheat flour. *Food Hydrocolloids* [online]. 2010, 24(6-7), 626-632 DOI: 10.1016/j.foodhyd.2010.03.004. ISSN 0268005X. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0268005X10000494>
- Vyhláška č. 18/2020 Sb., o požadavcích na mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2020 [cit. 2. 3. 2020]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-18#p2-3-e>
- WAGNER, M. J., Lucas, T., Le Ray, D., Trystram, G. (2007). Water transport in bread during baking. *Journal of Food Engineering*, 78(4), 1167–1173. doi:10.1016/j.jfoodeng.2005.12.029
- WIESER, Herbert. Chemistry of gluten proteins. *Food Microbiology* [online]. 2007, 24(2), 115-119 DOI: 10.1016/j.fm.2006.07.004. ISSN 07400020. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0740002006001535>
- XING, L., Niu, F., Su, Y., Yang, Y. (2015). Effect of egg freshness on texture and baking characteristics of batter systems formulated using egg, flour and sugar. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(6), 2047–2054. doi:10.1002/jsfa.7316
- ZHOU, W. a Y. H. Hui. *Bakery products science and technology*. Second edition. Chichester, West Sussex, UK: John Wiley , Sons, 2014. ISBN 978-1-119-96715-6.
- ZOU, Y., Malzbender, J. (2016). *Development and optimization of porosity measurement techniques*. *Ceramics International*, 42(2), 2861–2870. doi:10.1016/j.ceramint.2015.11.015
- ZUMDAHL S. S. *Water*. Encyclopædia Britannica [online]. Nakladatelství: Encyclopædia Britannica, inc. Velká Británie, 2020. Dostupné z: <https://www.britannica.com/science/water>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ε	[Epsilon], porosita
apod	A podobně
CO ₂	Oxid uhličitý
č	Číslo
g	Gram
mm	Milimetr
např.	Například
N	Newton
Pa	Pascal
tzv	Takzvaně

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Cupcake	12
Obrázek 2 – Struktura lepku upravená podle Ash (2015)	15
Obrázek 3 – Sušená celé vejce, vaječný bílek a žloutek (Ibirogba, 2019)	17
Obrázek 4 – Jádro upečeného výrobku, tvořené porézními stěnami a vzduchovými bublinami (Pixnio [2020])	23
Obrázek 5 - Proces koagulace vaječného proteinu upravený podle Figoni (2011) ...	25

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Fyzikální a chemické požadavky na mouku	13
Tabulka 2 – Receptury použité na výrobu muffinů	32
Tabulka 3 - Hmotnostní ztráty pečením [%] pro všechny měřené vzorky	36
Tabulka 4 – Specifický objem [$\text{ml}\cdot\text{g}^{-1}$] pro všechny měřené vzorky	37
Tabulka 5 - Tvrdost [N] pro všechny měřené vzorky	38
Tabulka 6 - Soudržnost [%] pro všechny měřené vzorky	40
Tabulka 7 - Pružnost [%] pro všechny měřené vzorky	41
Tabulka 8 – Žvýkatelnost [N] pro všechny měřené vzorky	42
Tabulka 9 - Přílnavost [Pa] pro všechny měřené vzorky	43
Tabulka 10 - Hodnocení porosity muffinů	46