

Vliv použité mouky na kvalitu bezlepkových koblih

Bc. Lucie Jurčová



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

Akademický rok: 2024/2025

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Bc. Lucie Jurčová
Osobní číslo:	T23272
Studijní program:	N0721A210004 Technologie potravin
Forma studia:	Kombinovaná
Téma práce:	Vliv použité mouky na kvalitu bezpečkových koblih

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část

Suroviny používané pro výrobu smažených výrobků.

Technologie výroby smažených výrobků

Problémy spojené s výrobou bezpečkových smažených výrobků.

II. Praktická část

Charakteristika bezpečkových mouk a dalších surovin použitých pro výrobu.

Postup výroby smažených výrobků.

Metody použité pro hodnocení kvality výrobků.

Srovnání kvality vyrobených bezpečkových smažených výrobků.

Diskuse výsledků s literaturou.

Formulace závěrů plynoucích z práce.

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

Seznam doporučené literatury:

- [1] Al-Othman, H., Maghaydah, S., Abughoush, M., Olaimat, A. N., Al-Holy, M. A., Ajo, R., ... & Angor, M. (2022). Development and Characterization of Nutritious Gluten-Free Doughnuts with Lupin and Inulin Flours. *Foods*, 11(20), 3237.
- [2] Culetu, A., Susman, I. E., Duta, D. E., & Belc, N. (2021). Nutritional and functional properties of gluten-free flours. *Applied Sciences*, 11(14), 6283.
- [3] Melito, H., & Farkas, B. E. (2013). Physical properties of gluten-free donuts. *Journal of Food Quality*, 36(1), 32-40.
- [4] Oh, H., Choi, B. B., & Kim, Y. S. (2019). Changes on the quality of donuts using psyllium husk as powder and edible coatings. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 48(10), 1127-1134.
- [5] Zhang, X., Dong, C., Hu, Y., Gao, M., & Luan, G. (2021). Zein as a structural protein in gluten-free systems: An overview. *Food Science and Human Wellness*, 10(3), 270-277.

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

Datum zadání diplomové práce: **1. ledna 2025**
Termín odevzdání diplomové práce: **9. května 2025**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

Ing. Robert Gál, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 14. února 2025

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- odevzdáním diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění bez ohledu na výsledek obhajoby;
- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- jedno vyhotovení diplomové práce v listinné podobě bude ponecháno Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně k uložení;
- 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 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, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá; neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji, že

- jsem na diplomové práci pracoval(a) samostatně a použitou literaturu jsem řádně citoval(a); v případě publikace výsledků budu uveden(a) jako spoluautor;
- odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne

.....

podpis autora

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá vlivem použité mouky na kvalitu bezlepkových koblih. V experimentální části byly hodnoceny čtyři typy přirozeně bezlepkových mouk a jejich vzájemné směsi. Koblíhy byly připraveny z odpalovaného těsta, přičemž mléčné složky byly nahrazeny bezlaktózovou variantou s ohledem na častou kombinaci celiakie a laktóзовé intolerance. Během zpracování byly sledovány fyzikální vlastnosti syrového i tepelně upraveného těsta – hmotnost, tloušťka a textura měřená pomocí textuometru. Výsledky ukázaly, že nejlepší vlastnosti z hlediska objemu, konzistence a pevnosti dosáhly koblíhy připravené ze směsi pohankové a rýžové mouky. Zjištění mohou sloužit jako podklad pro vývoj kvalitnějších bezlepkových pekařských výrobků.

Klíčová slova: bezlepkové koblíhy, alternativní mouky, textuometr, kvalita pečiva, experimentální pečení

ABSTRACT

This thesis deals with the effect of flour on the quality of gluten-free doughnuts. In the experimental part, four types of naturally gluten-free flours and their mixes were evaluated. The doughnuts were prepared using choux pastry made from naturally gluten-free flours, with dairy components replaced by a lactose-free alternative due to the frequent co-occurrence of coeliac disease and lactose intolerance. The physical properties of the raw and cooked dough – weight, thickness and texture measure using a texture meter – were monitored during processing. The results showed that the doughnuts prepared from a mixture of buckwheat and rice flour achieved the best properties in terms of volume, consistency and firmness. The findings can serve as a basis for the development of better gluten-free bakery products.

Keywords: gluten-free doughnuts, alternative flours, textuometer, baking quality, experimental baking

Tímto bych chtěla poděkovat paní prof. RNDr. Ivě Burešové Ph.D. a paní Ing. Romaně Prokopové Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, trpělivost a vstřícnost při zpracování této diplomové práce. Také bych chtěla poděkovat své rodině a příteli, kteří mi byli velkou oporou a podporovali mě při mém celém studiu.

OBSAH

ÚVOD.....	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 KOBLIHY	13
1.1 DEFINICE A OZNAČOVÁNÍ SMAŽENÉHO PEČIVA	13
1.2 POŽADAVKY NA KVALITU VÝROBKU	13
1.3 POŽADAVKY NA KVALITU NÁPLNĚ	14
2 SUROVINY	15
2.1 MOUKA	17
2.2 TUK.....	17
2.3 CUKR.....	17
2.4 DROŽDÍ	18
2.5 MLÉKO	18
2.6 VEJCE.....	18
2.7 SŮL	18
2.8 NÁPLNĚ A AROMATA	18
3 TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY SMAŽENÉHO PEČIVA.....	19
3.1 SLOŽENÍ A PŘÍPRAVA TĚSTA	19
3.2 KYNUTÍ TĚSTA	19
3.3 TVAROVÁNÍ A DALŠÍ KYNUTÍ	19
3.4 SMAŽENÍ	20
3.5 DOKONČOVACÍ ÚPRAVY	20
3.6 POUŽITÝ TUK A JEHO ÚDRŽBA	20
4 BEZLEPKOVÉ PEČIVO	21
4.1 LEPEK.....	22
4.2 ONEMOCNĚNÍ SPOJENÉ S LEPKEM.....	22
4.2.1 Celiakie	22
4.2.2 Alergie na lepek	23
5 SUROVINY PRO VÝROBU BEZLEPKOVÝCH KOBLIH.....	24
5.1 ALTERNATIVNÍ MOUKY	24
5.2 BINDERY A STABILIZÁTORY	25
5.3 TUKY A OLEJE	26
5.4 SLADIDLA.....	26
5.5 DROŽDÍ A PRÁŠEK DO PEČIVA.....	26
5.6 HYDRATAČNÍ SLOŽKY	27

6	PROBLÉMY SPOJENÉ S VÝROBOU BEZLEPKOVÝCH SMAŽENÝCH VÝROBKŮ	28
6.1	NÁHRADA PŠENIČNÉ MOUKY	28
6.2	SMAŽENÍ BEZLEPKOVÉHO TĚSTA	28
6.3	NUTRIČNÍ SLOŽENÍ BEZLEPKOVÉHO PEČIVA	29
6.4	RIZIKO KONTAMINACE A BEZPEČNOST VÝROBY	29
6.5	CHUŤ, TEXTURA A VZHLED BEZLEPKOVÝCH KOBLIH	29
II	PRAKTICKÁ ČÁST	31
7	CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE	32
8	METODIKA.....	33
8.1	VÝBĚR SUROVIN	33
8.4	PŘÍPRAVA SMAŽENÝCH KOBLIH.....	37
8.5	TEXTURÁLNÍ ANALÝZA SMAŽENÝCH KOBLIH	38
8.6	STATISTICKÁ ANALÝZA DAT	39
9	VÝSLEDKY A DISKUZE	41
9.1	POROVNÁNÍ TĚST A HOTOVÝCH VÝROBKŮ.....	41
9.2	TEXTURÁLNÍ ANALÝZA TĚSTA.....	44
9.3	TEXTURÁLNÍ ANALÝZA HOTOVÝCH VÝROBKŮ	47
9.4	SUBJEKTIVNÍ SENZORICKÉ POZOROVÁNÍ.....	51
	ZÁVĚR.....	52
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	54
	SEZNAM OBRÁZKŮ	61
	SEZNAM TABULEK.....	62

ÚVOD

V posledních letech výrazně vzrostl zájem o bezlepkové potraviny, a to nejen mezi lidmi trpícími celiakií, ale i mezi širší veřejností, která hledá alternativy ke klasickým pšeničným výrobkům. Tato změna stravovacích návyků reflektuje jak zdravotní potřeby, tak i nové spotřebitelské trendy zaměřené na funkční výživu a zdravější životní styl. Ačkoli nabídka bezlepkových produktů na trhu neustále roste, výzvou zůstává dosažení takové kvality, která by byla srovnatelná s běžným lepkovým pečivem z hlediska chuti, struktury, objemu a trvanlivosti.

Lepek je zásadní složkou pšeničné mouky, která zajišťuje pružnost, elasticitu a schopnost těsta vázat plyn vznikající při fermentaci. Jeho absence ve složení bezlepkových mouk znamená, že výsledné těsto má odlišné technologické vlastnosti – bývá méně soudržné, křehčí a náchylnější k deformaci. Z tohoto důvodu je nutné využívat nejen alternativní druhy mouk, ale také vhodné pojivové a stabilizační složky a upravovat samotné technologické postupy.

Odpalované těsto, běžně využívané při výrobě zákusků, se ukazuje jako vhodná báze i pro bezlepkové aplikace. Jeho schopnost vytvořit porézní strukturu bez použití droždí či chemických kypřidel je výhodou, avšak složení bezlepkových variant vyžaduje pečlivé doladění. Zvláště u smažených výrobků, jakými jsou koblihy, je důležité zajistit nejen atraktivní vzhled a chuť, ale také stabilní texturu a minimální nasákavost tukem.

Tato diplomová práce si klade za cíl přispět k porozumění texturálním vlastnostem bezlepkového těsta a hotových výrobků z různých druhů mouk, a zároveň nabídnout praktické srovnání jejich chování během tepelné úpravy. Pomocí instrumentální analýzy byly měřeny parametry jako tuhost, pružnost či žvýkatelnost a výsledky byly konfrontovány s odbornou literaturou.

Vzhledem k rostoucím požadavkům na kvalitní bezlepkové pečivo bez chemických aditiv představuje tato práce krok směrem k vývoji stabilních, chutných a technologicky proveditelných výrobků určených pro spotřebitele se speciálními dietními potřebami.

I TEORETICKÁ ČÁST

1 KOBLIHY

Koblihy patří mezi jemné pečivo, které je definováno jako pekařské výrobky získané tepelnou úpravou těst s přídavkem alespoň 8,2 % bezvodého tuku nebo 5 % cukru ve vztahu k celkové hmotnosti použitých mlýnských výrobků. Tyto výrobky mohou být plněny náplněmi (například marmeládou, džemem, povidly) a mohou být také povrchově upraveny (sypaním, polevou, glazurou) (Ministerstvo zemědělství, 2020).

1.1 Definice a označování smaženého pečiva

V české legislativě není smažené pečivo vymezeno jako samostatná kategorie, nicméně podle Vyhlášky č. 18/2020 Sb. se obvykle zařazuje do skupiny jemného pečiva. Tato vyhláška rovněž umožňuje používat doplňující označení výrobků, která vyjadřují technologický způsob jejich zpracování, například „smažené“ (Ministerstvo zemědělství, 2020).

Smažené pečivo je tepelně upracováno ve vrstvě tuku, což zásadním způsobem ovlivňuje jeho senzorní vlastnosti, jako chuť, vůně, textura a celkový vzhled. Z technologického hlediska má smažení vliv i na míru absorpce tuku a strukturu kůry, což jsou klíčové parametry vnímání kvality finálního výrobku (Steinhauser, 2000; Müllerová & Skoupil, 1988). Délka smažení je obvykle kratší než pečení, což může být výhodou z hlediska efektivity výroby.

Označování takových výrobků se řídí především Nařízením (EU) č. 1169/2011 o poskytování informací o potravinách spotřebitelům. Výrobce je povinen uvádět údaje o složení, alergenech, výživových hodnotách, datu minimální trvanlivosti, čisté hmotnosti a podmínkách skladování. Tyto informace musí být přesné, čitelné a nesmějí být klamavé. Transparentní označení potravin sehrává klíčovou roli v rozhodovacím procesu spotřebitele a zároveň posiluje důvěru ve značku (Evropská komise, 2011; Vaculová & Jančová, 2017).

Podle Zákona č. 110/1997 Sb. musí být potraviny uváděné na trh zdravotně nezávadné, řádně označené a v souladu s legislativními požadavky na jakost (Ministerstvo zemědělství, 1997).

1.2 Požadavky na kvalitu výrobku

Smažené pečivo musí splňovat obecné i specifické požadavky na jakost, jak vyplývá ze Zákona č. 110/1997 Sb. Tento zákon se zaměřuje na bezpečnost potravin a stanovuje povinnosti týkající se surovin, technologických procesů a označování (Ministerstvo

zemědělství, 1997). Vyhláška č. 18/2020 Sb. specifikuje charakteristiky jemného pečiva, a to včetně minimálního obsahu tuku a cukru, obsahu vajec nebo mléka, a důležitých smyslových vlastností jako jsou chuť, vůně, vzhled a konzistence (Ministerstvo zemědělství, 2020).

Požadavky na senzorickou kvalitu jemného pečiva zahrnují pravidelný tvar, klenutý vzhled, propečenou, pórovitou a pružnou střídku, zlatavě zbarvenou kůrku a příjemnou vůni a chuť, odpovídající použitým surovinám (Vaculová & Jančová, 2017).

Proces smažení ovlivňuje nejen senzorické vlastnosti, ale také nutriční profil výrobku, zejména z hlediska obsahu tuku. Proto je vhodné optimalizovat podmínky smažení (např. teplota, čas) s cílem minimalizace absorpce tuku při zachování požadované struktury (Pokorný, 2015).

1.3 Požadavky na kvalitu náplně

Smažené výrobky s náplní, jako jsou koblihy, podléhají kromě obecných požadavků také specifickým pravidlům pro složení a označení náplní. Vyhláška č. 18/2020 Sb. uvádí, že náplň musí odpovídat názvu výrobku i deklarovanému složení. Například ovocná náplň musí obsahovat skutečné ovoce, nikoliv jen aroma či barviva, pokud to není na obalu jasně uvedeno (Ministerstvo zemědělství, 2020).

Podle pravidla QUID (Quantitative Ingredient Declaration), vycházejícího z Nařízení (EU) č. 1169/2011, musí být u složek uvedených v názvu potraviny uveden také jejich podíl (v procentech). Např. u koblihy s jahodovou náplní musí být jasně uvedeno, kolik procent náplně tvoří jahody (Evropská komise, 2011).

Kvalitní náplně by měly být homogenní, se stejným zbarvením a příjemnou vůní i chutí, bez cizích pachů nebo nežádoucích chutí. Hrubé složky (např. kousky ovoce) musí být rovnoměrně rozptýleny v celém objemu náplně, aby byla zajištěna senzorická vyváženost (Vaculová & Jančová, 2017).

2 SUROVINY

Pro výrobu smaženého pečiva, jako jsou koblihy, je klíčový správný výběr surovin, které významně ovlivňují výslednou kvalitu výrobku, a to jak po stránce senzorické, tak technologické. Základními složkami jsou mouka, tuk, cukr, voda, droždí a sůl. Mezi doplňkové složky pak patří vejce, mléko, náplně, aromata či koření. Každá z těchto složek plní v receptuře specifickou funkci – od tvorby struktury těsta přes fermentaci až po ovlivnění chuti, barvy či textury, příklad receptur je v tabulce 1. (Hrabě, 2012; Řehulka, 2011).

Tabulka 1 – Receptura na koblihy z 10 kg mouky (Müllerová, Chroust, 1993)

Suroviny	Koblihy cukrářské (kg)	Koblihy pekařské (kg)
Pšeničná mouka hrubá	8,00	-
Pšeničná mouka hladká pekařská speciál	2,00	10,00
Mléko sušené plnotučné	0,50	-
Cukr moučka	1,50	1,50
Olej stolní do těsta	1,22	-
Margarín stolní do těsta	-	0,80
Pasterované vaječné žloutky tekuté	1,20	-
Čerstvý vaječný obsah	•	0,80
Sůl jedlá	0,05	0,10
Tuzemský rum 40% do těsta	0,30	-
Droždí	0,70	0,60
Sladová moučka (Diasta)	•	0,10
Citrónová pasta ovocná	0,05	-
Pitná voda (do sušeného mléka)	4,78	Dle vaznosti
Pšeničná mouka hladká na tvarování	0,80	0,80
Džem meruňkový (nebo jiný)	3,20	3,00
Ztužený potravinový tuk ke smažení	2,88	2,70
Cukr moučka k posypání	0,32	0,32

2.1 Mouka

Pšeničná mouka je základem koblihového těsta. Nejčastěji se používá hladká pšeničná mouka typu T 530, která má ideální obsah lepku a popelovin pro kynuté těsto. Lepek, tvořený gliadiny a gluteniny, vytváří po hydrataci pružnou a elastickou síť, která zadržuje oxid uhličitý vznikající při fermentaci. To umožňuje zvětšení objemu a vytvoření lehké, porézní struktury střídky (Churáčková, 2014; Baránek, 2012).

Kvalita mouky ovlivňuje jak fermentaci, tak vaznost vody. Silné mouky se vyznačují vysokou schopností vázat vodu, zatímco slabé mouky fermentují rychleji, ale hůře drží strukturu. Kromě lepku hraje roli také škrob – zejména jeho frakce amylosa a amylopektin – které ovlivňují výslednou strukturu střídky a stárnutí pečiva (Churáčková, 2014; Steinhauser, 2000; Kučerová, 2007).

2.2 Tuk

Tuk má zásadní vliv na jemnost, vláčnost, chuť a trvanlivost koblih. Při zpracování těsta zlepšuje jeho pružnost, snižuje lepivost a ovlivňuje retenci plynu během kynutí. V hotovém výrobku zajišťuje měkkou texturu a příjemné senzorické vlastnosti. Používá se máslo, margarín nebo rostlinné tuky (např. Hera).

Na smažení se využívají tuky s vysokým bodem zakouření – slunečnicový, řepkový či speciální fritovací oleje. Tuky mají také vliv na křehkost střídky, vznik typického aroma a barvu kůrky (Baránek, 2012; Kubišová, 2015; Šašek, 2012).

2.3 Cukr

Cukr v podobě sacharózy (krystal, krupice) se používá jednak k oslazení těsta, jednak jako energetický substrát pro droždí. Kvasinky ho štěpí na glukózu a fruktózu, čímž vzniká oxid uhličitý a ethanol. Sacharóza také podporuje vznik zlatavé barvy díky Maillardovým reakcím během smažení (Kubínová, 2010; Mlejnková, 2016).

Příliš vysoký obsah cukru zpomaluje činnost kvasinek kvůli osmotickému tlaku, což může negativně ovlivnit objem těsta. Cukr navíc ovlivňuje konzistenci těsta a dobu hnětení. Monosacharidy, jako glukóza a fruktóza, se přirozeně vyskytují i v mouce a přispívají k fermentačnímu procesu (Kubínová, 2010; Mlejnková, 2016; Koukolová, 2011)

2.4 Droždí

Pekařské droždí, obvykle *Saccharomyces cerevisiae*, umožňuje fermentaci – proces přeměny jednoduchých cukrů na oxid uhličitý a alkohol. Oxid uhličitý je hlavním kypřicím činitelem v koblíhovém těstě. Vedlejší produkty fermentace (např. aldehydy, estery) přispívají ke specifické vůni a chuti koblíh.

Činnost kvasinek závisí na teplotě a pH těsta – ideální je kolem 30–35 °C. Droždí rovněž zvyšuje nutriční hodnotu výrobků, neboť je bohaté na bílkoviny a vitaminy skupiny B, zejména B1 a B2 (Běláková, 2013; Mikule, 1985)

2.5 Mléko

Mléko zvyšuje výživovou hodnotu, zjemňuje texturu střídky a podporuje tvorbu zlatavé kůrky. Obsahuje laktózu a mléčné bílkoviny, které se podílejí na Maillardových reakcích, jež ovlivňují barvu a vůni pečiva (Novák, 2009).

2.6 Vejce

Vejce zvyšují objem těsta a přispívají k jeho žlutému zabarvení a jemné textuře. Vaječný žloutek obsahuje lecitin, který slouží jako přírodní emulgátor – napomáhá propojení tukové a vodní fáze a stabilizuje strukturu těsta (Hrušková, 2011).

2.7 Sůl

Sůl má regulační a senzorickou funkci. Zlepšuje chuť výrobku, zpevňuje lepkovou síť a ovlivňuje činnost droždí. Nadměrné množství soli může fermentaci zpomalit, zatímco v optimálním množství přispívá ke kvalitnímu těstu (Příhoda, 2008).

2.8 Náplně a aromata

Náplně, jako jsou marmelády, tvaroh, pudink nebo čokoláda, jsou běžnou součástí koblíh. Plní jak senzorickou, tak výživovou funkci a podléhají legislativním požadavkům na označování (Vlček, 2013). Používají se rovněž aromatické látky jako vanilka, citrusová kůra nebo skořice, které dotvářejí výsledný chuťový profil (Hrabě, 2012).

3 TECHNOLOGICKÝ POSTUP VÝROBY SMAŽENÉHO PEČIVA

Výroba koblih je komplexní proces, při kterém záleží nejen na kvalitě použitých surovin, ale také na přesném dodržení technologických postupů. Typické koblihy mají nadýchanou, jemně pórovitou střídu, zlatohnědou kůrku a světlý prstenec, který vzniká specifickým způsobem smažení. Každá fáze výroby hraje klíčovou roli ve výsledné kvalitě produktu (Mikule, 1985; Kubišová, 2015).

3.1 Složení a příprava těsta

Těsto se připravuje nejčastěji nepřímou metodou, tedy s využitím kvasu, který se nechá nejprve samostatně vyzrát. Oproti jiným kynutým těstům, například na koláče či vánočky, se do koblih přidává větší množství droždí a vajec nebo žloutků. Cukrářské varianty často obsahují rum, který pomáhá zvyšovat kyprost těsta, zlepšuje aroma a zároveň omezuje nasáknutí tuku během smažení (Mikule, 1985; Příhoda, 2008).

Receptura obvykle obsahuje podobné množství tuku jako jiná jemná pečiva, ale výsledné koblihy mívají vyšší obsah tuku kvůli jeho absorpci při smažení (Příhoda, 2008). Těsto by mělo být měkčí konzistence, hladké a pružné. Správné propracování těsta podporuje tvorbu lepku, který pomáhá udržet plyny vznikající při fermentaci a zajišťuje potřebnou pružnost těsta (Baránek, 2012)

3.2 Kynutí těsta

Kynutí je klíčovou fází výroby, při které mikroorganismy (droždí) přeměňují cukry na oxid uhličitý a alkohol. Oxid uhličitý vytváří bubliny, které zvyšují objem těsta a přispívají k tvorbě typické struktury střídky. Ideální podmínky pro kynutí jsou 28–30 °C s vyšší relativní vlhkostí, která zabraňuje osychání povrchu (Baránek, 2012; Vaculová & Jančová, 2017).

3.3 Tvarování a další kynutí

Po prvotním kynutí se těsto rozdělí na jednotlivé části (klonky), které se nechají mírně ztuhnout a poté se tvarují do kulatých tvarů. V některých případech se koblihy plní už před smažením. Následuje druhé kynutí, které probíhá za podobných podmínek jako první, a je důležité pro vytvoření správného objemu a struktury (Vaculová & Jančová, 2017).

3.4 Smažení

Smažení probíhá při teplotě tuku kolem 150–180 °C. Teplota musí být přesně řízena – nižší způsobuje nadměrné nasáknutí tuku, vyšší může vést k připálení povrchu dříve, než se výrobek propeče uvnitř. Koblíhy se smaží z každé strany přibližně 2–4 minuty. Typický světlý pruh po obvodu vzniká díky tomu, že při vložení do tuku se spodní část rychle uzavře a horní vykyne nad hladinu. Po otočení se již koblíha plně neponoří, takže část zůstane světlejší (Šašek, 2012).

3.5 Dokončovací úpravy

Po usmažení se koblíhy nechávají odkapat od přebytečného tuku a následně se plní pomocí plniček s dutými jehlami (ručně nebo automatizovaně). Poté se koblíhy posypávají moučkovým cukrem nebo zdobí polevou či glazurou. Finální úpravy významně ovlivňují atraktivitu a chuť výrobku (Růžička, 2014).

3.6 Použitý tuk a jeho údržba

Pro smažení se používají ztužené jedlé tuky s minimálním obsahem vody a bez organických netukových látek, které by zrychlovaly jejich rozklad. Tuky se obvykle používají opakovaně, a proto je třeba je po každém smažení dekontaminovat – propláchnout vodou, odstranit spálené zbytky a při ztuhnutí seříznout znečištěnou spodní vrstvu. Při tepelném rozkladu tuku mohou vznikat zdraví škodlivé a zapáchající látky, jako např. propenal (akrolein). Z tohoto důvodu se doporučuje pravidelná laboratorní kontrola smažicích tuků (Kleinová, 2010).



Obrázek 1 – Koblíha (Tesco Stores ČR a.s.)

4 BEZLEPKOVÉ PEČIVO

Vyhláška Ministerstva zdravotnictví ČR č. 54/2004 Sb. definuje bezlepkový výrobek jako takový, který splňuje limitní hodnotu obsahu lepku do 20 mg/kg u potravin neobsahujících pšenici, ječmen, žito, oves nebo jejich křížence, ale náhražky těchto obilovin. Dále je stanoven limit 100 mg/kg pro potraviny obsahující speciálně upravenou pšenici, ječmen, žito, oves nebo jejich křížence.

Nové Nařízení (ES) č. 41/2009, které vstoupilo v platnost 1. ledna 2012, reguluje složení a označování potravin určených pro osoby s nesnášenlivostí lepku. Toto nařízení stanovuje jednotná pravidla na úrovni Evropské unie týkající se složení a označování potravin z hlediska obsahu lepku (Ministerstvo zdravotnictví, 2004).

Nařízení zavedlo dvě kategorie označení potravin podle obsahu lepku:

- „Bez lepku“: Obsah lepku může být maximálně 20 mg/kg.
- „Velmi nízký obsah lepku“: Obsah lepku může být maximálně 100 mg/kg.

Bezlepkové pečivo a všechny potraviny vhodné pro bezlepkovou dietu jsou označovány podle nařízení (ES) č. 41/2009 pomocí obrazového symbolu přeškrtnutého klasu (viz obrázek 2). Výrobky označené tímto symbolem splňují kritéria zdravotní nezávadnosti pro osoby trpící celiakií (Baas, 2013).



Obrázek 2 – Logo přeškrtnutého klasu (Dupin, 2013)

4.1 Lepek

Nejvýznamnější dusíkatou látkou v obilovinách jsou bílkoviny. Zvláštní postavení má zejména pšeničná bílkovina, která jako jediná běžně vytváří s vodou pružný gel – tzv. lepek. Právě jeho fyzikální vlastnosti významně ovlivňují jakost pečiva. Obsah bílkovin v pšenici se pohybuje v rozmezí 10–16 %. Pšenice s obsahem nad 13 % se považuje za velmi kvalitní, zatímco pod 12 % jde o kvalitu střední až slabou (Gabrovská et al., 2015).

Pšeničná mouka je nejvíce zastoupenou složkou v receptech na kynuté pekařské výrobky. Její kvalita je dána především obsahem dvou proteinových frakcí – gliadinů a gluteninů – které tvoří asi 80 % celkového množství pšeničných bílkovin v poměru přibližně 2:3. Gliadiny dávají lepku tažnost a mají strukturu polymerních řetězců aminokyselin propojených intracelulárními disulfidickými vazbami. Gluteniny naopak dávají lepku pružnost. Jsou složeny z řetězců různé délky spojených pomocí intramolekulárních i intermolekulárních disulfidických vazeb a vodíkových můstků (Gabrovská et al., 2015; Velíšek & Hajšlová, 2009).

Tyto složky obsahují vysoké množství aminokyselin glutaminu (více než 40 %) a prolinu (více než 20 %), které jsou pro strukturu lepku charakteristické a hrají zásadní roli při tvorbě elastické sítě v těstě. Tato síť zadržuje plyny vznikající při fermentaci a určuje pórovitost a objem pečiva (Velíšek & Hajšlová, 2009; Dostálová et al., 2016).

Přítomnost lepku ovlivňuje senzorické vlastnosti pečiva – objem, texturu, žvýkavost a trvanlivost. Kvalita lepku závisí na odrůdě pšenice, klimatických podmínkách během vegetace a technologii zpracování mouky (Kotalová et al., 1994).

Lepek hraje i funkční roli v potravinářském průmyslu, kde slouží jako stabilizátor, emulgátor a zahušťovadlo. Kromě pekařství nachází uplatnění i v cukrářské, masné a polotovarové výrobě (Dvořáček, 2012)

4.2 Onemocnění spojené s lepkem

4.2.1 Celiakie

Slovo celiakie pochází z řeckého výrazu *koliakos*, v překladu „trpící střevními obtížemi“ (Kohout & Pavlíčková, 1994). Toto onemocnění je celoživotní a nevyléčitelné, charakterizované střevní intolerancí na lepek – gluten (Dupin, 2013). V tenkém střevě lepek

spouští nežádoucí imunitní odpověď, která má za následek chronický zánět sliznice tenkého střeva, konkrétně jeho počáteční části – lačníku (Svačina, 2008).

Při dlouhodobém působení lepku dochází k atrofii střevních klků, což výrazně snižuje schopnost vstřebávání živin do krevního oběhu. Narušeny mohou být funkce vstřebávání cukrů (například laktózy a sacharózy), tuků, bílkovin i minerálních látek, jako jsou železo a vápník. Tím se mohou rozvinout další komplikace, jako je chudokrevnost, osteoporóza nebo poruchy růstu u dětí (Kohout, 1994).

4.2.2 Alergie na lepek

Alergie na lepek je odlišná od celiakie, i když se může projevovat podobnými symptomy. Jedná se o nepřírozenou reakci imunitního systému na přítomnost lepku, vyvolanou aktivací protilátek typu IgE (imunoglobulin E) na daný alergen (Velíšek & Hajšlová, 2009).

Na rozdíl od celiakie, která postihuje především tenké střevo a vyvolává poškození střevní sliznice, alergie na lepek se může projevit jako akutní alergická reakce. Ta může zahrnovat gastrointestinální obtíže jako je nevolnost, nadýmání, bolesti břicha nebo průjemy. V některých případech se ale objevují i kožní nebo respirační projevy, včetně vyrážky, kopřivky, nebo dokonce astmatu (Dostálová et al., 2016).

5 SUROVINY PRO VÝROBU BEZLEPKOVÝCH KOBLIH

Výroba bezlepkových koblih představuje technologickou výzvu, jelikož chybějící lepek je nutné kompenzovat jinými surovinami, které zajišťují strukturu, objem a soudržnost těsta. Na rozdíl od klasického pečiva je třeba kombinovat několik typů mouk a aditiv, aby bylo dosaženo požadovaných senzorických vlastností, jako jsou nadýchaná střídkka, pružnost a jemnost. Důležitou roli sehrávají také stabilizátory, tuky, sladidla a správně zvolené kypřicí prostředky (Gallagher, 2009; Arendt & Dal Bello, 2008).

Vhodným výběrem a kombinací alternativních mouk lze dosáhnout vyvážené směsi, která zajistí nejen bezlepkový charakter výrobku, ale i požadovanou chuť, objem, vláčnost a trvanlivost. Poměr jednotlivých složek bývá zpravidla výsledkem praktického testování a přizpůsobení konkrétním požadavkům výroby (Gallagher, 2009).

5.1 Alternativní mouky

Základem pro výrobu bezlepkových koblih je volba vhodné mouky, která neobsahuje lepek a zároveň umožní vytvořit těsto s dobrou zpracovatelností, fermentační aktivitou a výslednou objemností. Absence lepku, který v klasickém těstě zajišťuje elasticitu a schopnost zadržet oxid uhličitý, musí být kompenzována nejen pomocí binderů, ale i správnou kombinací mouk. Každý druh mouky přispívá k finálnímu senzorickému profilu a textuře výrobku jiným způsobem, a proto je často nezbytné jejich vzájemné mísení (Arendt & Dal Bello, 2008).

Kukuřičná mouka je velmi jemně mletá mouka ze zrn kukuřice, která se vyznačuje žlutou barvou a jemně nasládlou chutí. V bezlepkovém pečivu přispívá k atraktivní barvě výrobku a lehce křehčí textuře. Její schopnost vázat vodu je omezená, proto se v receptech často kombinuje s jinými moukami a stabilizátory. Z technologického hlediska má nižší fermentační aktivitu a její použití v nadměrném množství může způsobit drobivost těsta (Cauvain, 2015).

Pohanková mouka se vyznačuje vysokým obsahem vlákniny a bílkovin, které přispívají ke gelotvorným vlastnostem a soudržnosti bezlepkového těsta. Díky tomu je využitelná jako stabilizační složka v bezlepkových směsích. Má výraznou oříškovou chuť a šedo-béžovou barvu. V technologii bezlepkového pečiva je ceněna pro svou schopnost částečně imitovat vlastnosti lepku díky obsahu bílkovin s dobrou gelotvornou kapacitou. Přesto je třeba ji

doplňovat dalšími složkami pro dosažení optimální pružnosti těsta a zabránění jeho drolení (Schönemann & Decker, 2019).

Jáhlová mouka, vyrobená z prosa, má světlou barvu a jemnou chuť, která se dobře hodí do sladkých druhů pečiva, jako jsou koblihy. Obsahuje značné množství škrobu, a tím přispívá k dobré struktuře střídky, ale je také náchylná k rychlé oxidaci tuků, což může způsobit nahořklou pachutí u delší doby skladování. Vzhledem ke své neutrální chuti je vhodná jako základní složka bezlepkové směsi, ale pro zvýšení vláčnosti je nutné ji kombinovat s jinými druhy mouky nebo s pojivovými složkami (Fasano & Catassi, 2012).

Rýžová mouka je jednou z nejběžněji používaných bezlepkových mouk díky své dostupnosti, neutrální chuti a světle barvě. Má velmi jemnou strukturu, což napomáhá hladkosti těsta. Její schopnost vázat vodu je vyšší než u kukuřičné mouky, což usnadňuje fermentaci i tvarování těsta. Má však tendenci vytvářet tužší střídku, proto je vhodné ji doplňovat měkčími moukami nebo větším množstvím tuků (Gujral & Rosell, 2004).

5.2 Bindery a stabilizátory

Aby bylo možné v bezlepkovém těstě nahradit funkci lepku, je nezbytné přidávat tzv. bindery a stabilizátory – látky, které pomáhají vytvářet soudržnou strukturu těsta, zadržovat plyny a zlepšovat celkovou texturu.

Psyllium (vláknina z jitrocele indického) je jedním z nejúčinnějších přírodních pojiv. Po navlhčení výrazně nabývá na objemu a vytváří gelovou strukturu, která pomáhá udržet tvar těsta a zvyšuje jeho vláčnost.

Xanthanová guma je polysacharid běžně používaný v bezlepkovém pečení. Je schopna vytvořit elastickou síť, která napodobuje strukturu lepku, zlepšuje zadržování plynů a přispívá k rovnoměrnému kynutí těsta.

Guarová guma, získávaná ze semen guarových bobů, funguje podobně jako xanthan – v těstě váže vodu a stabilizuje směs. Často se kombinuje s jinými želírujícími složkami pro zvýšení účinku.

Chia semínka a lněná semínka se používají jako přirozená želírující činidla. Po namočení vytvářejí slizovitou hmotu, která funguje jako pojivo a zároveň přispívá k výživové hodnotě produktu (Lazaridou & Biliaderis, 2007, Oh et al., 2019)).

5.3 Tuky a oleje

Tuky představují v recepturách koblih zásadní složku, která ovlivňuje nejen chuť a senzorické vlastnosti, ale i technologické chování těsta během míchání, kynutí a smažení.

V těstě plní tuk funkci zjemňovadla – obaluje částice škrobu a bílkovin, čímž zpomaluje vstřebávání vody, zpomaluje stárnutí pečiva a prodlužuje jeho čerstvost. Dodává křehkost, vláčnost a plnou chuť.

Pro samotné těsto se často používá máslo, margarín nebo rostlinné oleje (např. řepkový nebo slunečnicový), které mají neutrální chuť.

Smažení vyžaduje použití kvalitních tuků s vysokou tepelnou stabilitou – vhodné jsou například tuky s vysokým bodem zakouření. Kromě chuti a barvy je důležité i to, aby tuk nepřenášel nežádoucí pachy a nepřepaloval se, což by mohlo negativně ovlivnit kvalitu koblih (Moore et al., 2006).

5.4 Sladidla

Sladidla ovlivňují nejen sladkost, ale i strukturu, fermentaci a barvu výsledného produktu. V klasických i bezlepkových koblihách je běžně používán krystalový cukr (sacharóza), který napomáhá zhnědnutí kůrky díky Maillardovým reakcím a zároveň slouží jako potrava pro kvasinky.

Alternativně lze použít také med, který přidává jemnou aromatickou chuť a díky svým hygroskopickým vlastnostem pomáhá udržet pečivo déle vláčné. Glukózový sirup zase zabraňuje krystalizaci cukru a zajišťuje hladší texturu.

U některých receptur se používají přírodní sirupy (např. javorový), které obohacují chuťový profil výrobku, nebo cukerné alkoholy (např. xylitol), pokud je cílem snížit glykemický index (Gallagher, Gormley & Arendt, 2004)

5.5 Droždí a prášek do pečiva

Bezlepkové těsto má omezenou schopnost zadržovat oxid uhličitý, což může negativně ovlivnit kynutí. Z tohoto důvodu je třeba pečlivě volit fermentační složky a jejich dávkování.

Lisované droždí je klasickým kvasným činidlem, které se používá i v bezlepkovém pečení. Produkuje oxid uhličitý během fermentace, čímž zvětšuje objem těsta. Kvůli slabší struktuře bezlepkového těsta je však nutné upravit dobu kynutí a hydrataci.

V některých případech se kombinují droždí s chemickými kypřidly, jako je prášek do pečiva nebo hydrogenuhličitan sodný. Tyto látky reagují okamžitě a podporují nárůst objemu, čímž doplňují funkci kvasinek.

Kombinace těchto dvou způsobů kypření – biologického a chemického – je v bezlepkovém pečení běžná a umožňuje dosáhnout optimální textury a objemu hotového výrobku (Sciarini et al., 2010).

5.6 Hydratační složky

Nezbytnou složkou těsta jsou také hydratační složky – nejčastěji voda, alternativně rostlinná mléka (např. sójové, mandlové, ovesné). Tyto složky aktivují droždí, rozpouštějí cukry a zajišťují správnou hydrataci mouky a binderů. Rostlinná mléka přidávají výrobku jemnost, chuť i výživovou hodnotu. Při jejich použití je třeba dbát na sladkost – některá rostlinná mléka jsou přislazována, což ovlivní chuť i barvu kůrky (Matos & Rosell, 2012).

6 PROBLÉMY SPOJENÉ S VÝROBOU BEZLEPKOVÝCH SMAŽENÝCH VÝROBKŮ

Výroba bezlepkového smaženého pečiva, jako jsou koblihy, přináší řadu výzev, které je třeba technologicky řešit s ohledem na absenci lepku a specifické požadavky konečného spotřebitele. Lepek je základní složkou, která zajišťuje pružnost, soudržnost a elasticitu těsta. V jeho nepřítomnosti je třeba nahradit jeho funkční vlastnosti jinými komponenty, a zároveň zajistit odpovídající chuť, texturu a nutriční hodnotu výrobků. Významným aspektem je rovněž bezpečnost výroby a riziko kontaminace (Anton & Artfield, 2009; Hager et al., 2012).

6.1 Náhrada pšeničné mouky

Pšeničná mouka je základní surovinou klasických kynutých těst díky svému obsahu lepku, který vytváří elastickou síť a umožňuje těstu udržet plyn vznikající při fermentaci. V bezlepkovém pečivu je tato vlastnost zcela absentní, a je nutné hledat vhodné alternativy. Nahrazení pšeničné mouky bývá realizováno kombinací několika druhů bezlepkových mouk – nejčastěji kukuřičné, rýžové, pohankové, jáhlové nebo cizrnové – přičemž každá má jiné technologické vlastnosti, nutriční profil i senzorické charakteristiky (Anton & Artfield, 2009; Hager et al., 2012).

V praxi se využívá systémová formulace receptur, kde je klíčové vhodně zvolit poměr mouk s ohledem na jejich schopnost absorbovat vodu, vytvořit soudržné těsto a udržet plyn během kynutí. Pomáhá také použití doplňkových surovin, jako jsou hydrofilní vlákniny (např. psyllium), gely a další pojiva, která strukturálně nahrazují lepek. Mezi často využívané patří xanthanová a guarová guma, ale i chia nebo lněné semínko (Horstmann et al., 2017; Polaki et al., 2010).

6.2 Smažení bezlepkového těsta

Proces smažení bezlepkového těsta je komplikovanější, protože těsta postrádají strukturu a soudržnost, což vede k většímu riziku rozpadu při manipulaci. Navíc mají vyšší schopnost nasáknout tuk, což může negativně ovlivnit nejen nutriční hodnotu, ale i senzorické vlastnosti finálního produktu (Sasaki, 2018; Bojňanská et al., 2020).

Optimalizace teploty a času smažení je nezbytná – doporučuje se teplota oleje 170–180 °C a doba smažení mezi 2–3 minutami na každé straně, podle hmotnosti výrobku. Použití stabilizátorů, jako je lecitin nebo pšeničný škrob (v bezlepkové verzi), může pomoci zlepšit

texturu a omezit absorpci tuku. Rovněž se zkoumá využití přírodních vláknin, jako je inulin nebo rezistentní škrob, které snižují množství absorbovaného oleje během smažení (Bojňanská et al., 2020; Montes et al., 2015).

6.3 Nutriční složení bezlepkového pečiva

Bezlepkové produkty často obsahují vyšší podíl škrobu a nižší množství vlákniny, vitamínů skupiny B a minerálů, zejména železa a zinku. To je dáno tím, že mnohé bezlepkové mouky mají nižší biologickou hodnotu ve srovnání s pšeničnou (Thompson et al., 2005).

Nutriční zlepšení bezlepkového pečiva může být dosaženo pomocí fortifikace, tedy přidáním vlákniny (např. čekanková), vitamínových premixů, nebo proteinových složek (např. luštěninové mouky, lněná mouka, konopná mouka). V poslední době se rovněž testují extrakty z bylin a olejnin jako přirozené antioxidanty (Martins et al., 2017; Barčenas et al., 2003).

Je však třeba brát ohled na glykemický index – mnohé bezlepkové produkty jej mají vyšší, což může být nevhodné např. pro diabetiky. Pomoci může použití alternativních sladidel, snížení obsahu rafinovaného škrobu nebo přídavek vlákniny, která zpomaluje vstřebávání sacharidů (Hartwig & Hartwig, 2014).

6.4 Riziko kontaminace a bezpečnost výroby

Bezpečnost bezlepkových potravin je prioritou zejména pro osoby s celiakií. Jakákoli kontaminace lepkem, i ve stopovém množství, může způsobit závažné zdravotní komplikace. Evropské nařízení (ES) č. 41/2009 stanovuje limity pro označení potravin jako "bezlepkové" (max. 20 mg/kg lepku) (Evropská komise, 2009).

Výrobní zařízení, suroviny, nástroje i personál musí být pod přísnou kontrolou. Základem je používání certifikovaných surovin, oddělená výroba a pravidelné testování hotových výrobků na přítomnost lepku. Výrobce je zároveň povinen jasně a pravdivě označovat produkty dle platné legislativy a zavést systém HACCP s důrazem na prevenci křížové kontaminace (Kohout & Pavlíčková, 1994; Kotalová et al., 1994).

6.5 Chuť, textura a vzhled bezlepkových koblíh

Z technologického i senzorického hlediska představují bezlepkové koblíhy složitější výrobek než jejich tradiční obdoba. Často mají hutnější konzistenci, nižší objem a rychleji

stárnou. Textura může být tužší, méně elastická a střídka bývá suchá nebo drolivá (Ingraham et al., 2006).

K zajištění lepší kvality je třeba kombinovat mouky s různými reologickými vlastnostmi, použít větší množství vajec a tuků, popř. přidat emulgátory a enzymy pro zlepšení struktury. Chuť bývá mdlá, proto je vhodné recepturu doplnit o aromata, přírodní esence nebo citrusovou kůru. Malé množství alkoholu (např. rumu) může rovněž podpořit senzorickou atraktivitu (Ozturk & Mert, 2018).

Moderní přístupy zahrnují i využití specifických bílkovin, jako je zein (kukuřičný protein), který napomáhá vytvořit soudržnější a pružnější strukturu. Významným trendem je rovněž použití fermentačních kultur, které zlepšují chuť, stravitelnost a trvanlivost bezlepkových výrobků (Jnawali et al., 2016).

II PRAKTICKÁ ČÁST

7 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE

Hlavním cílem této diplomové práce je analyzovat a vyhodnotit vliv použití vybraných druhů bezlepkových mouk a jejich směsí na fyzikální a senzorické vlastnosti koblih vyrobených z odpalovaného těsta. Důraz je kladen na instrumentální posouzení textury těsta i finálních výrobků, přičemž se zkoumá schopnost jednotlivých mouk vytvořit soudržnou strukturu a vhodnou texturu po smažení.

Pro dosažení tohoto cíle byly stanoveny tyto dílčí cíle:

- **Experimentálně připravit těsta** z vybraných druhů bezlepkových mouk (rýžové, kukuřičné, pohankové a jáhlové) a jejich směsí.
- **Zhodnotit fyzikálně-texturální vlastnosti** těsta před a po smažení prostřednictvím instrumentální texturometrie (tuhost, pružnost, soudržnost, žvýkatelnost).
- **Porovnat dosažené výsledky** s poznatky uvedenými v odborné literatuře, identifikovat výhody a limity jednotlivých typů mouk.
- **Navrhnout doporučené receptury nebo směsi**, které vedou ke zlepšení technologických i senzorických parametrů výsledného výrobku.

Výzkumná otázka

Jaký vliv má použití různých druhů bezlepkových mouk a jejich směsí na texturální vlastnosti těsta a výslednou kvalitu smažených bezlepkových koblih?

Výzkumná hypotéza

H1: Různé druhy bezlepkových mouk vykazují odlišné texturní vlastnosti, které se projeví ve struktuře a kvalitě koblih. Kombinace mouk bude mít pozitivní vliv na stabilitu a pružnost těsta i hotového výrobku.

K ověření těchto předpokladů byla zvolena instrumentální texturální analýza, která umožňuje objektivní měření pevnosti, pružnosti a soudržnosti těsta i finálních produktů

8 METODIKA

8.1 Výběr surovin

Při vývoji bezlepkových koblih byla klíčová volba vhodných surovin, které nejen odpovídají nutričním požadavkům cílové skupiny (osoby s celiakií), ale zároveň umožňují dosažení požadovaných technologických vlastností finálního výrobku. Vzhledem k tomu, že celiakie je často spojena s dalšími dietními omezeními, zejména s intolerancí laktózy, byly použity suroviny zcela bez lepku a bez obsahu laktózy (Ingraham et al., 2006; Ozturk & Mert, 2018).

Mouky byly vybrány čtyři druhy přirozeně bezlepkových mouk – pohanková, kukuřičná, jáhlová a rýžová. Každá z těchto mouk má specifické vlastnosti, které ovlivňují chování těsta i výslednou strukturu a chuť koblih. Pro zajištění širšího spektra texturálních vlastností byly připraveny nejen varianty s jednotlivými druhy mouky, ale také směsi dvou mouk v poměru 1:1 (např. pohanková + kukuřičná, rýžová + jáhlová atp.).

Tuk a kravské mléko obsažené v původní receptuře (viz tabulka 2) bylo zcela nahrazeno vodou, a místo másla byl použit rostlinný tuk bez obsahu laktózy. Tento krok vycházel z předpokladu, že sliznice tenkého střeva u osob s neléčenou celiakií bývá poškozena, což vede k přechodné nebo trvalé intoleranci laktózy (Ingraham et al., 2006).

Jako náhrada čerstvých vajec byla použita sušená vejce, která byla před použitím rekonstituována v poměru 1:4 (vejce: voda). Sušená vejce umožňují přesnější dávkování a lepší standardizaci experimentálních podmínek.

Receptura byla doplněna běžným množstvím cukru krupice (10 g) a kuchyňské soli (3 g), které ovlivňují jak chuť, tak fermentační a koagulační procesy v těstě. Tyto složky zůstaly v rámci všech variant neměnné.

8.2 Příprava těsta

Pro přípravu bezlepkových koblih bylo zvoleno odpalované těsto, které má díky svému technologickému postupu schopnost vytvořit lehkou, porézní strukturu bez použití droždí nebo kypřicích prostředků. Odpalované těsto se tradičně využívá při výrobě zákusků jako větrníky či profiterolky, ale ukazuje se jako vhodné i pro bezlepkové výrobky, kde je třeba nahradit funkci lepku jinými složkami a metodami (Thompson et al., 2005).

Receptura byla inspirována internetovým receptem, který doporučuje kombinaci mléka a másla namísto vody a rostlinného tuku pro lepší chuť a texturu. V této práci však byly tyto

suroviny záměrně upraveny (voda místo mléka, rostlinný tuk místo másla), s ohledem na běžný výskyt laktóзовé intolerance u osob s celiakií (Martins et al., 2017). Mléčné složky tak byly zcela vyloučeny. Vejce byla nahrazena sušenou formou, obnovenou v poměru 1:4 (vejce: voda) (Toprecepty.cz, 2023)

Tabulka 2 – Původní receptura na odpalované těsto (Toprecepty.cz, 2023)

Suroviny	Množství
Pšeničná mouka – hladká	160 g
Mléko	100 g
Voda	100 g
Máslo	80 g
Cukr krupice	10 g
Sůl	3 g
Vejce	5 ks velikost M (53 g)

Tabulka 3 – Upravená receptura pro bezlepkové koblihy z odpalovaného těsta (vychází z tab. 2)

Surovina	Množství	Poznámka
Bezlepková mouka	160 g	4 druhy samostatně + 6 směsí (poměr 1: 1)
Voda	200 g	Nahrazuje vodu a mléko z původní receptury
Rostlinný tuk	80 g	Nahrazuje máslo; bez obsahu laktózy
Cukr krupice	10 g	Beze změn
Sůl	3 g	Beze změn
Sušené vejce	265 g	Rehydratace v poměru 1: 4 (vejce: voda)

Postup přípravy těsta:

Příprava varné směsi. Do nerezové varné nádoby bylo odváženo odpovídající množství vody (nahrazující součet vody a mléka dle tradiční receptury), ke které byl přidán rostlinný tuk, cukr a sůl. Směs byla za stálého míchání zahřívána až do dosažení bodu varu, čímž došlo k úplnému rozpuštění tuku a homogennímu rozptýlení všech složek.

Odpaření a spaření mouky. Ihned po dosažení bodu varu byla do varné směsi přisypána bezlepková mouka, případně připravená směs dvou mouk ve vzájemném poměru 1:1. Za stálého míchání (vařečkou nebo metlou) byla mouka zapracována a těsto bylo dále technologicky upraveno formou varného spařování přibližně po dobu 1–2 minut. Cílem bylo dosažení kompaktní, soudržné a lesklé hmoty, která se nelepí na stěny nádoby.

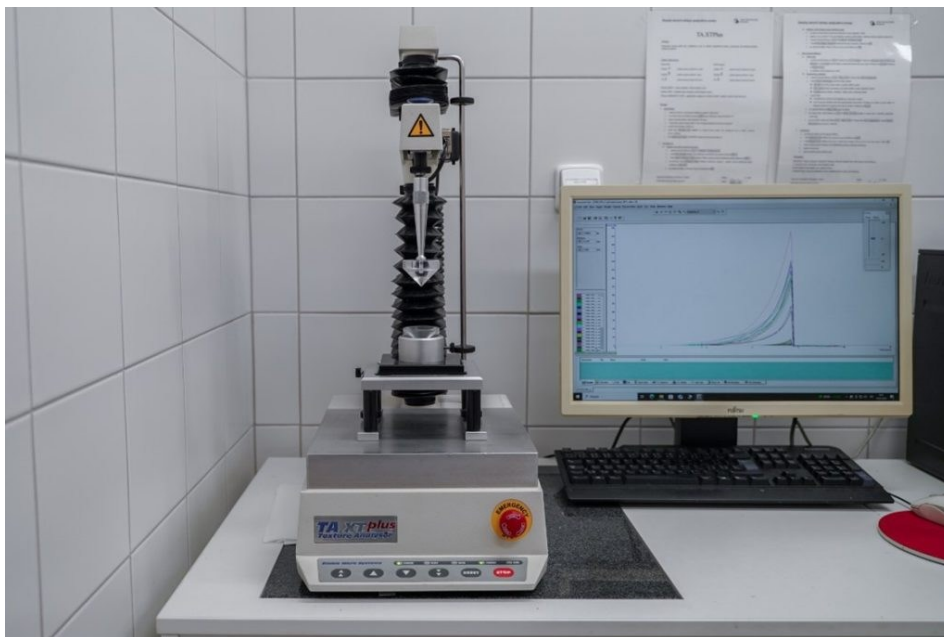
Zchlazení těsta. Vzniklé těsto bylo přemístěno do míchací nádoby a ponecháno ke zchlazení na teplotu přibližně 50–60 °C. Tato fáze byla klíčová pro uchování funkčních vlastností bílkovin v rekonstituovaných sušených vejcích, která by při vyšší teplotě mohla podléhat denaturaci.

Zašlehání vajec. Po dosažení požadované teploty byla do těsta postupně vmíchána sušená vejce rozpuštěná ve vodě v poměru 1:4. Výsledná konzistence byla vyhodnocena vizuálně a manuálně – těsto mělo být hladké, lesklé, středně husté až elastické, vhodné pro následnou aplikaci (tvarování a smažení).

8.3 Texturální analýza těsta

Pro účely této práce byla texturální analýza surového těsta provedena pomocí přístroje TA.XT Plus Texture Analyzer (Stable Micro Systems, UK), který je znázorněn na obrázku 4, což je specializovaný texturometr určený k objektivnímu měření mechanických vlastností potravin, jako jsou pevnost, pružnost, soudržnost nebo křehkost. Tento přístroj je často využíván pro výzkumné i průmyslové účely v oblasti hodnocení textury potravinářských výrobků (Stable Micro Systems, 2021).

Pro měření bezlepkového odpařovaného těsta byl použit nástavec Dough Preparation Set (viz obrázek 5), který umožňuje měření reologických parametrů různých typů těst. Tento nástroj byl zvolen s ohledem na specifické vlastnosti těsta připravovaného bez přítomnosti lepku a bez použití tradičních pšeničných mouk (TextureAnalysisProfessionals, 2014; Stable Micro Systems, 2020).



Obrázek 3 – TA. XP Plus Texture Analyzer (Fakulta technologická UTB)



Obrázek 4 – Nástavec Dough separation set
(TextureAnalysisProfessionals, 2014)

Pro každé měření bylo použito 110 g těsta, které bylo ručně vytvarováno do kompaktního válce (dle metodického doporučení výrobce zařízení) a uloženo do standardní odměrné nádoby. Měření probíhalo při laboratorní teplotě.

Pomocí přístroje byla vyhodnocována zejména maximální síla potřebná ke stlačení těsta (tzv. pevnost v tlaku), deformovatelnost těsta, pružnost a celkový odpor materiálu proti

stlačení. Tyto parametry odpovídají základním mechanickým vlastnostem těsta, které jsou důležité pro posouzení jeho zpracovatelnosti a schopnosti udržet strukturu během dalších technologických kroků (Stable Micro Systems, 2021; Stable Micro Systems, 2020).

Výsledné hodnoty byly zaznamenány pomocí softwaru Exponent Connect a následně zpracovány v tabulkovém editoru. U každé varianty těsta (jednoduchové i směsné mouky) bylo provedeno pět opakovaných měření. Průměrné hodnoty a směrodatné odchylky byly vypočteny pro každý sledovaný parametr.

Z hlediska technologické praxe má tato metoda zásadní význam zejména pro predikci chování těsta při tvarování a tepelné úpravě. Těsta s vyšší hodnotou pevnosti bývají tužší a hůře se tvarují, zatímco těsta s nižší pevností mohou být příliš měkká a ztrácet tvar. Vhodná kombinace mouk a hydratačních složek může tyto vlastnosti optimalizovat (Stable Micro Systems, 2020; TextureAnalysisProfessionals, 2014)

8.4 Příprava smažených koblih

Připravené odpalované těsto bylo ihned po zašlehání vajec rozděleno na jednotlivé porce. Těsto bylo naváženo po 30 g a následně tvarováno pomocí tvořítka s průměrem 4,5 cm do pravidelných tvarů.

Takto připravené koblihy byly smaženy ve fritéze v rostlinném oleji předeřhátém na teplotu 180 °C. Doba smažení byla stanovena jednotně na 6 minut, přičemž koblihy byly po 3 minutách otočeny, aby bylo dosaženo rovnoměrného propečení a zlatavé barvy z obou stran.

Po usmažení měly koblihy charakteristický tvar „puku“ – tedy spíše plošší vzhled s pravidelným rozměrem a mírně zvednutými okraji. Tento tvar je typický pro odpalované těsto bez droždí, které během smažení vytváří dutiny a zároveň se méně „nafukuje“ do kulovitého objemu, jako je běžné u klasických kynutých koblih.

Usmažené koblihy byly přeneseny na papírové ubrousky, aby se odstranil přebytečný tuk. Poté byly připraveny k vážení, měření tloušťky a provedení texturální analýzy.

Každá varianta těsta (jednoduchové mouky a směsi) byla smažena samostatně, aby bylo zabráněno vzájemnému ovlivnění výsledků.

8.5 Texturální analýza smažených koblih

Texturální analýza smažených koblih byla provedena na zařízení TA.XT Plus Texture Analyzer (Stable Micro Systems, UK), které umožňuje objektivní měření mechanických vlastností potravin, jako jsou tvrdost, pružnost, soudržnost nebo žvýkatelnost hotových výrobků (Stable Micro Systems, 2021; Stable Micro Systems, 2020).

Pro tyto účely byl použit plochý kompresní nástavec P/100 (viz obrázek 5), který je vhodný pro hodnocení větších potravinářských vzorků, jako jsou koblihy, a zajišťuje rovnoměrné rozložení tlaku na měřený objekt (Stable Micro Systems, 2020).

Každý smažený vzorek byl po vychladnutí umístěn na měřicí plochu a vystaven standardnímu testu komprese. Při testu byl nástavec spuštěn na povrch koblihy a stlačil ji do stanovené hloubky.

Měřeny byly následující parametry:

- **Maximální síla při stlačení** (tvrdost),
- **Pružnost** (schopnost vrátit se do původního tvaru),
- **Energie deformace** (souvisí s žvýkatelností).

Nastavení testu:

- Předtestová rychlost: 1 mm/s
- Testovací rychlost: 1.7 mm/s
- Rychlost po testu: 10 mm/s
- Hloubka stlačení: 20 mm
- Trigger síla: 5 g



P/100 - 100 mm diameter platen
Maximum recommended load: 100kg
Manufacturing Material: Aluminium
Maximum Operating Temperature:
200C

Obrázek 5 – Plochý
kompresní nástavec P/100
(Stable Micro Systems, 2020)

Měření byla prováděna při pokojové teplotě a vždy na 5 kusech koblih každé varianty. Data byla zpracována v softwaru Exponent Connect, výsledky byly statisticky vyhodnoceny (průměr, směrodatná odchylka).

Tato metoda je významná pro kvantifikaci senzorických vlastností koblih – například těsta s vyšší hodnotou tvrdosti mohou být spotřebitelem vnímána jako hutnější, zatímco méně pružné koblihy mohou působit suše nebo drobivě. Prostřednictvím objektivního měření lze tedy porovnat vliv použití různých druhů mouky na finální kvalitu výrobku (Stable Micro Systems, 2020; Stable Micro Systems, 2021).

8.6 Statistická analýza dat

Statistické zpracování naměřených dat bylo provedeno s využitím programu Microsoft Office Excel. Všechny získané hodnoty byly zaznamenány do tabulek a dále zpracovány výpočtem aritmetického průměru a směrodatné odchylky (SD). Tyto základní statistické ukazatele umožnily orientační posouzení variability a odhad rozdílů mezi jednotlivými sledovanými skupinami.

Účelem statistického vyhodnocení bylo ověřit, zda mezi jednotlivými variantami existují významné rozdíly, které by mohly souviset s použitým složením nebo podmínkami zpracování. V rámci této fáze práce byla provedena deskriptivní analýza dat.

Podrobnější statistické testy, zaměřené na vyhodnocení statistické významnosti rozdílů mezi skupinami, budou případně doplněny v následujících částech práce, v závislosti na charakteru a rozsahu získaných výsledků.

9 VÝSLEDKY A DISKUZE

Tato kapitola prezentuje výsledky experimentální části práce, jejichž cílem bylo ověřit stanovené hypotézy a zodpovědět výzkumnou otázku: *Jaký vliv má použití různých druhů bezlepkových mouk a jejich směsí na texturní a senzorické vlastnosti koblih z odpalovaného těsta?* Diskuse vychází z interpretace kvantitativních dat a jejich porovnání s dosavadními poznatky z odborné literatury

9.1 Porovnání těst a hotových výrobků

Prvotní analýza byla zaměřena na hodnocení změn tloušťky a hmotnosti vzorků před a po smažení. V tabulce č. 4 jsou uvedeny průměrné hodnoty tloušťky jednotlivých vzorků těsta v syrovém a usmaženém stavu, včetně směrodatné odchylky (SD), která udává míru rozptylu výsledků. Graf (obrázek) č. 6 tyto údaje dále přehledně znázorňuje a umožňuje vizuální porovnání mezi jednotlivými vzorky.

Obecně lze říci, že u většiny těst došlo po tepelné úpravě ke zvětšení tloušťky, což odpovídá očekávanému chování při smažení, kdy dochází k expanzi vodní páry a mírnému zvětšení objemu. Nejvýraznější změna tloušťky byla zaznamenána u rýžové mouky, kde průměrná hodnota vzrostla z 13,07 mm na 22,53 mm. Tato směs se zároveň vyznačovala nejvyšší směrodatnou odchylkou ($\pm 3,28$ mm) ze všech hodnocených vzorků.

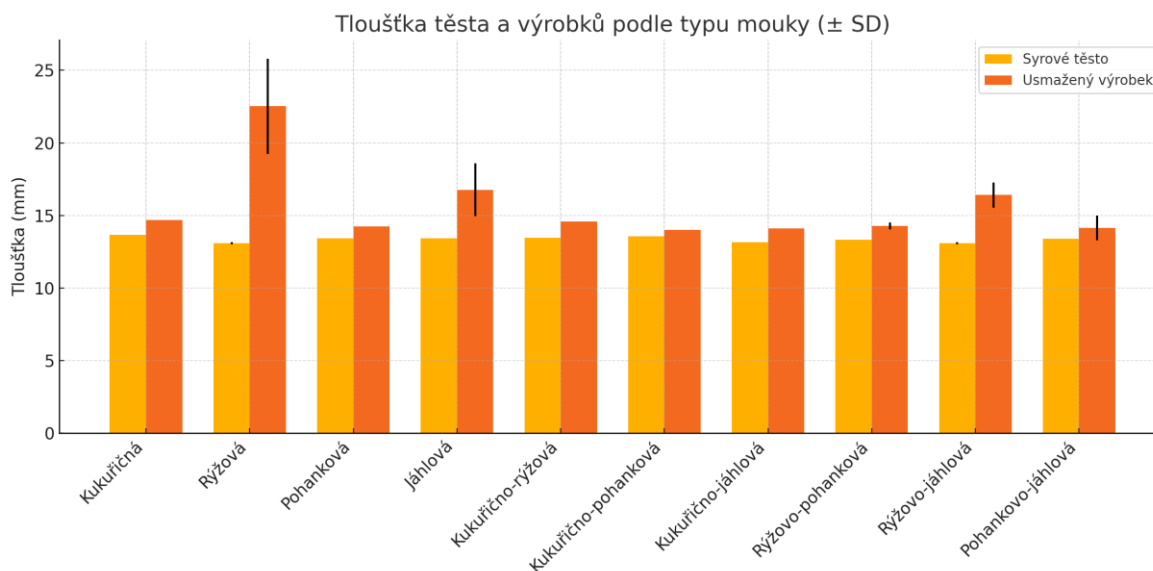
Významný nárůst a variabilita však nebyly způsobeny pouze vlastnostmi samotného těsta, ale i problémy při manipulaci. Rýžové těsto mělo velmi lepivou a řídkou konzistenci, která způsobovala přilnavost k rukavicím a deformace při přenášení do fritézy. Tyto faktory pravděpodobně vedly k nepravidelné tloušťce usmaženého výrobku a zvýšily rozptyl naměřených hodnot.

Naproti tomu kukuřičná, pohanková a kukuřično-pohanková těsta vykazovala velmi nízké změny tloušťky a jejich směrodatné odchylky byly nulové nebo zanedbatelné. Tyto směsi se chovaly konzistentně a lze předpokládat, že se statisticky významně neliší.

Na základě výsledků lze konstatovat, že směsi obsahující pohankovou nebo kukuřičnou mouku byly z hlediska tloušťky po tepelné úpravě nejstabilnější, zatímco rýžová a jáhlová mouka vykazovaly výraznější změny a vyšší rozptyl, což může souviset jak s jejich reologickými vlastnostmi, tak i s manipulovatelností těsta.

Tabulka 4: Průměrná tloušťka před a po usmažení ($\pm$ SD)

Druh mouky / směsi	Těsto (mm)	Usmažený výrobek (mm)
Kukuřičná	13,66 $\pm$ 0,00	14,69 $\pm$ 0,00
Rýžová	13,07 $\pm$ 0,07	22,53 $\pm$ 3,28
Pohanková	13,41 $\pm$ 0,00	14,23 $\pm$ 0,00
Jáhlová	13,41 $\pm$ 0,00	16,76 $\pm$ 1,82
Kukuřično - rýžová	13,44 $\pm$ 0,00	14,59 $\pm$ 0,00
Kukuřično - pohanková	13,56 $\pm$ 0,00	14,01 $\pm$ 0,00
Kukuřično - jáhlová	13,14 $\pm$ 0,00	14,11 $\pm$ 0,00
Rýžovo - pohanková	13,31 $\pm$ 0,00	14,28 $\pm$ 0,23
Rýžovo - jáhlová	13,07 $\pm$ 0,07	16,4 $\pm$ 0,88
Pohankovo – jáhlová	13,38 $\pm$ 0,00	14,15 $\pm$ 0,85

Obrázek 6 – Porovnání průměrné tloušťky těsta před a po usmažení ($\pm$ SD)

Z technologického hlediska lze za nejvhodnější varianty z pohledu tloušťky považovat kukuřično-pohankovou směs a pohankovou mouku, které vykazovaly nejnížší směrodatné odchylky a pouze mírné zvětšení tloušťky po tepelné úpravě. Tato těsta byla dobře zpracovatelná, tvarově stabilní a výsledky měření byly velmi konzistentní.

Naopak rýžová mouka, která dosahovala nejvyššího průměrného nárůstu tloušťky (až na 22,53 mm), se ukázala jako méně vhodná. Ačkoliv by na první pohled mohla působit jako varianta s vysokou objemovou expanzí, tento výsledek byl významně ovlivněn deformacemi vzniklými při manipulaci. Vzhledem k velmi lepkavé a řídké konzistenci těsta docházelo k jeho přilnavosti k rukavicím a deformaci při přenášení do fritézy, což pravděpodobně

způsobilo uměle zvýšenou tloušťku výsledného produktu. Bez těchto technických komplikací by pravděpodobně k tak výraznému nárůstu nedošlo.

Výsledky tak ukazují, že stabilita a konzistence těsta hrají při hodnocení vhodnosti mouky klíčovou roli, nejen samotné hodnoty tloušťky po tepelné úpravě.

V tabulce č. 5 jsou uvedeny průměrné hodnoty hmotnosti jednotlivých typů těsta v syrovém stavu a po tepelné úpravě (smažení), doplněné o směrodatnou odchylku (SD). Graf (obrázek) č. 7 znázorňuje rozdíly mezi syrovými a usmaženými vzorky a současně ukazuje variabilitu měření pomocí chybových úseček.

Ačkoliv se během smažení běžně očekává nárůst hmotnosti v důsledku absorpce oleje, v tomto případě došlo u všech hodnocených vzorků k jejímu snížení. Tento trend lze vysvětlit především vysokým odpařováním vody, které je typické pro bezlepková těsta. Studie ukazují, že bezlepkové mouky, jako například rýžová, vykazují během smažení nižší schopnost absorbovat tuk ve srovnání s pšeničnou moukou, což souvisí s jejich nižší kohezivitou a odlišnou strukturou (Zhao et al., 2022).

Nejvýraznější pokles hmotnosti byl zaznamenán u rýžové mouky (30,45 g → 24,62 g), která se zároveň vyznačovala nejvyšší směrodatnou odchylkou ($\pm 1,89$ g). Tento výsledek je třeba interpretovat také s ohledem na praktické komplikace při manipulaci – rýžové těsto mělo výrazně lepivou a řídkou konzistenci, což vedlo k ulpívání části těsta na rukavicích a k deformaci vzorku při přenášení do fritézy, čímž pravděpodobně došlo k dodatečné ztrátě hmotnosti.

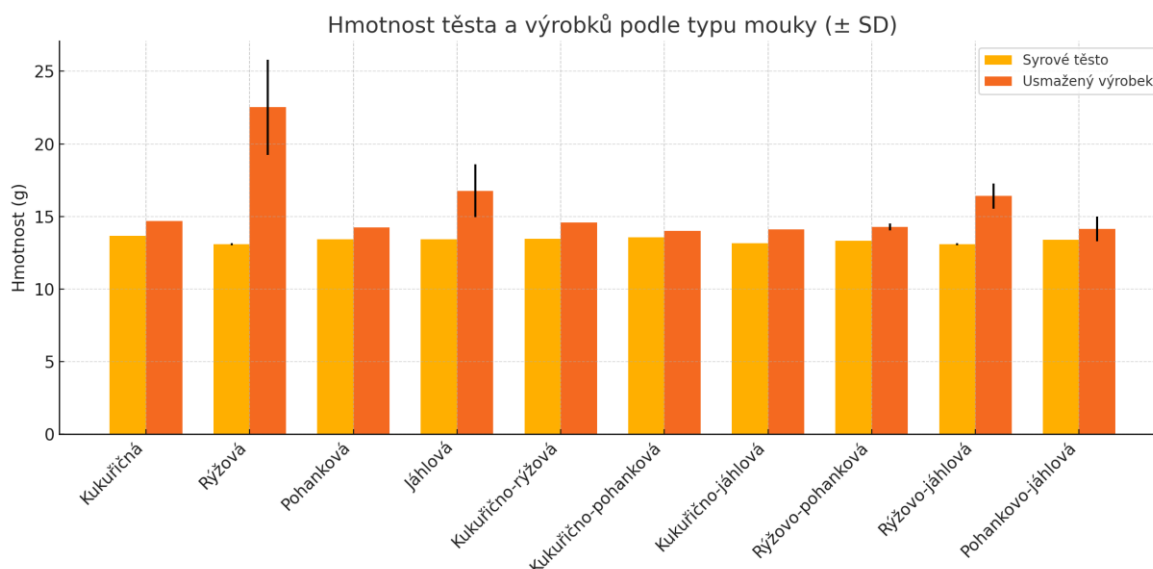
Naopak směsi s kukuřičnou moukou (zejména kukuřično-pohanková a kukuřično-jáhlová) vykazovaly nejmenší rozdíl mezi syrovým a usmaženým stavem a zároveň nejnížší směrodatné odchylky, což potvrzuje jejich vyšší technologickou stabilitu. Například u kukuřičné mouky činil rozdíl hmotnosti pouze cca 4,2 g, a směrodatná odchylka byla minimální ($\pm 0,22$ g).

V rámci sledovaných vzorků bylo možné identifikovat trendy v chování těst během smažení. Rýžová a jáhlová mouka vykazovaly vyšší hmotnostní ztráty a větší variabilitu, zatímco kukuřičné a pohankové směsi byly stabilnější a chovaly se konzistentně. Směsi obsahující

pohanku a kukuřici se navíc z hlediska hmotnosti chovaly velmi podobně, což naznačuje, že jejich kombinace může přispět k rovnoměrnějšímu průběhu tepelného zpracování.

Tabulka 5: Průměrná hmotnost před a po usmažení ($\pm$ SD)

Druh mouky / směsi	Těsto (g)	Usmažený výrobek (g)
Kukuřičná	30,53 $\pm$ 0,33	26,32 $\pm$ 0,24
Rýžová	30,45 $\pm$ 0,35	24,62 $\pm$ 2,11
Pohanková	30,47 $\pm$ 0,29	25,37 $\pm$ 0,57
Jáhlová	30,23 $\pm$ 0,30	25,82 $\pm$ 0,72
Kukuřično - rýžová	30,45 $\pm$ 0,41	26,47 $\pm$ 0,54
Kukuřično - pohanková	30,36 $\pm$ 0,15	25,91 $\pm$ 0,33
Kukuřično - jáhlová	30,5 $\pm$ 0,34	25,84 $\pm$ 0,70
Rýžovo - pohanková	30,34 $\pm$ 0,24	25,6 $\pm$ 0,29
Rýžovo - jáhlová	30,36 $\pm$ 0,21	26,06 $\pm$ 0,64
Pohankovo - jáhlová	30,49 $\pm$ 0,17	25,51 $\pm$ 0,36



Obrázek 7 – Porovnání průměrných hmotností před a po usmažení ($\pm$ SD)

Z technologického hlediska lze za nejvhodnější moučné směsi z pohledu hmotnostní stability považovat kukuřično-pohankovou a kukuřično-jáhlovou směs, které si během smažení udržely vysokou míru hmotnosti a vykazovaly nízký rozptyl výsledků. Tyto vlastnosti jsou výhodné při vývoji konzistentních a výtěžných bezpečných výrobků.

9.2 Texturální analýza těsta

Mechanická analýza surového těsta představovala klíčovou fázi praktické části výzkumu, jejímž cílem bylo objektivně posoudit reologické vlastnosti jednotlivých variant těsta

připravených z různých druhů bezlepkových mouk a jejich směsí. Výsledky texturální analýzy surového těsta jsou uvedeny v tabulce č. 6 a znázorněny v obrázcích č. 8 a č. 9, které zachycují hodnoty tuhosti a žvýkatelnosti jednotlivých vzorků včetně směrodatné odchylky ($\pm$ SD).

Nejvyšší hodnotu tuhosti vykazovalo těsto připravené z pohankové mouky ($1,086 \pm 0,059$ N), následované kukuřično-pohankovou směsí ($1,014 \pm 0,065$ N). Tato těsta vykazovala vyšší odpor vůči stlačení, a tedy i pevnější strukturu, která může být výhodná při tvarování a tepelném opracování.

Nejnižší tuhost byla zaznamenána u rýžového těsta ($0,257 \pm 0,011$ N), které bylo měkčí a méně rezistentní vůči deformaci. Podobně nízkou mechanickou stabilitu vykazovaly i některé směsi na bázi rýžové mouky.

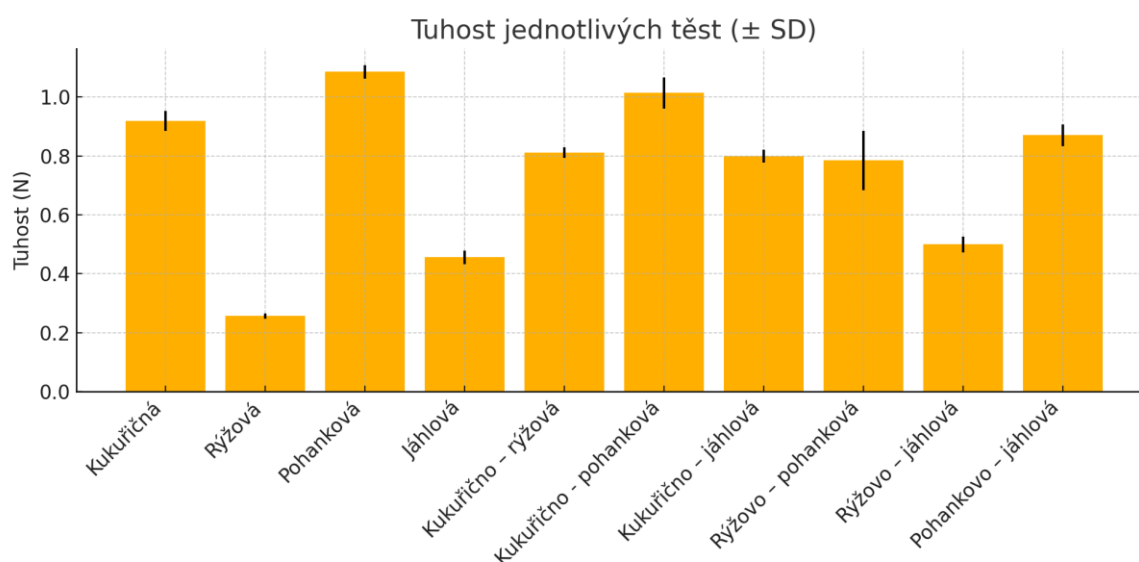
Hodnoty žvýkatelnosti kopírovaly trend tuhosti – nejvyšší byla opět u pohankové mouky ($15,30 \pm 0,82$ N·mm) a kukuřično-pohankové směsi ($13,69 \pm 0,75$ N·mm), zatímco nejnižší dosáhlo rýžové těsto ($3,11 \pm 0,22$ N·mm).

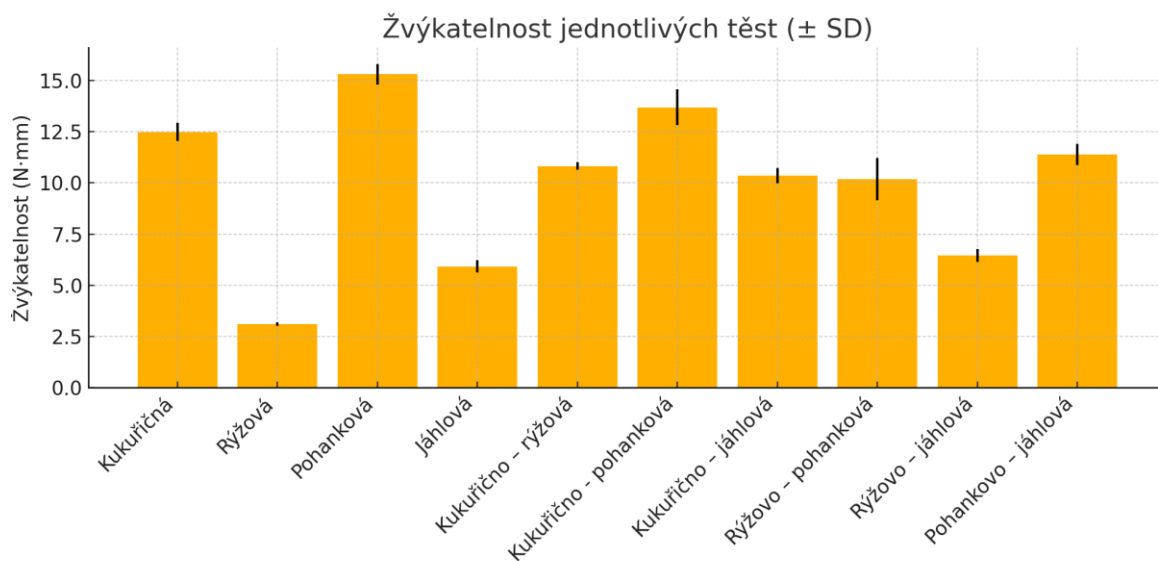
Z hlediska celkového trendu lze pozorovat, že:

- Těsta s obsahem pohankové mouky (samostatně nebo ve směsi) se vyznačovala nejvyšší pevností a mechanickou stabilitou,
- Směsi s jáhlovou moukou dosahovaly středních hodnot, relativně vyrovnaných,
- Těsta s dominantním podílem rýžové mouky měla nejnižší pevnost a soudržnost

Tabulka 6: Průměrné hodnoty texturální analýzy těsta ($\pm$ SD)

Vzorek	Tuhost (N)	Žvýkatelnost (N. mm)
Kukuřičná	$0,919 \pm 0,034$	$12,48 \pm 0,44$
Rýžová	$00,257 \pm 0,009$	$3,11 \pm 0,08$
Pohanková	$1,086 \pm 0,023$	$15,30 \pm 0,50$
Jáhlová	$0,456 \pm 0,023$	$5,91 \pm 0,30$
Kukuřično – rýžová	$0,812 \pm 0,018$	$10,82 \pm 0,19$
Kukuřično - pohanková	$1,014 \pm 0,053$	$13,69 \pm 0,88$
Kukuřično – jáhlová	$0,799 \pm 0,022$	$10,36 \pm 0,38$
Rýžovo – pohanková	$0,785 \pm 0,101$	$10,17 \pm 1,03$
Rýžovo – jáhlová	$0,500 \pm 0,026$	$6,45 \pm 0,32$
Pohankovo – jáhlová	$0,870 \pm 0,037$	$11,38 \pm 0,52$

Obrázek 8 – Grafické znázornění tuhosti jednotlivých těst ($\pm$ SD)



Obrázek 9 – Grafické znázornění žvýkatelnosti jednotlivých těst ($\pm$ SD)

Na základě těchto parametrů lze jako nejvhodnější těsto pro další zpracování označit variantu připravenou z kukuřično-pohankové mouky – kombinovalo vysokou tuhost, dobrou žvýkatelnost a nízkou variabilitu výsledků. Toto těsto by tedy mělo být technologicky nejstabilnější při tvarování, manipulaci a následné tepelné úpravě.

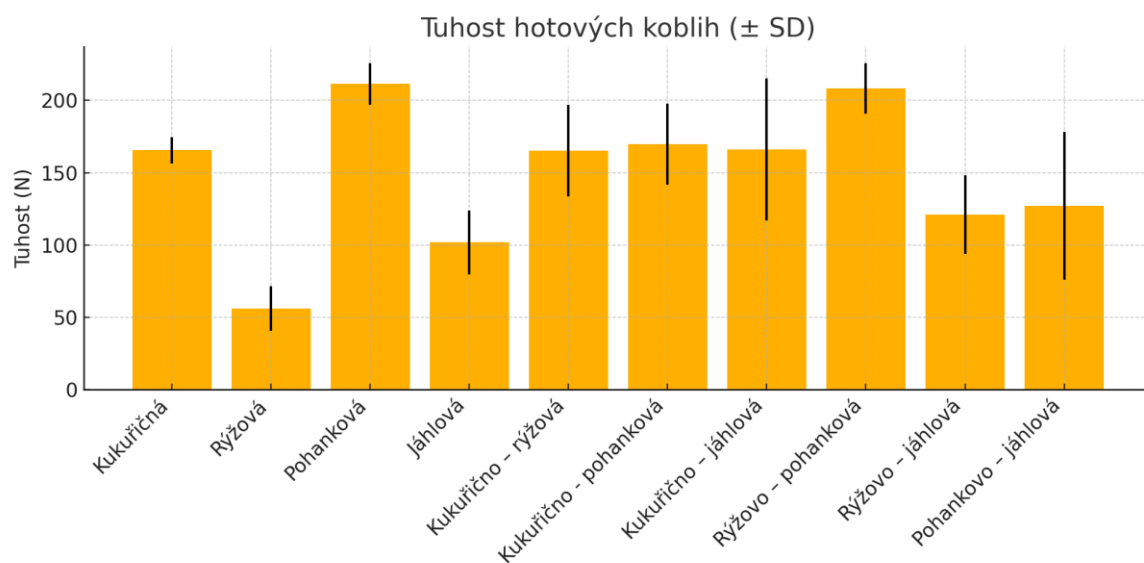
9.3 Texturní analýza hotových výrobků

Instrumentální analýza texturních vlastností představuje klíčový nástroj pro objektivní hodnocení kvality bezlepkového pečiva, které je – na rozdíl od klasických výrobků s obsahem lepku – závislé na alternativních složkách zajišťujících strukturu, pružnost a soudržnost. V této části byly u jednotlivých variant bezlepkových koblih hodnoceny následující parametry: tuhost (N), žvýkatelnost (N·mm), soudržnost, pružnost (s) a gumovitost (N·mm). Přehled průměrných hodnot a směrodatných odchylek je uveden v tabulce č. 7 (Texturní analýza koblih – průměr $\pm$ SD).

Tabulka 7: Průměrné hodnoty texturní analýzy hotových výrobků ($\pm$ SD)

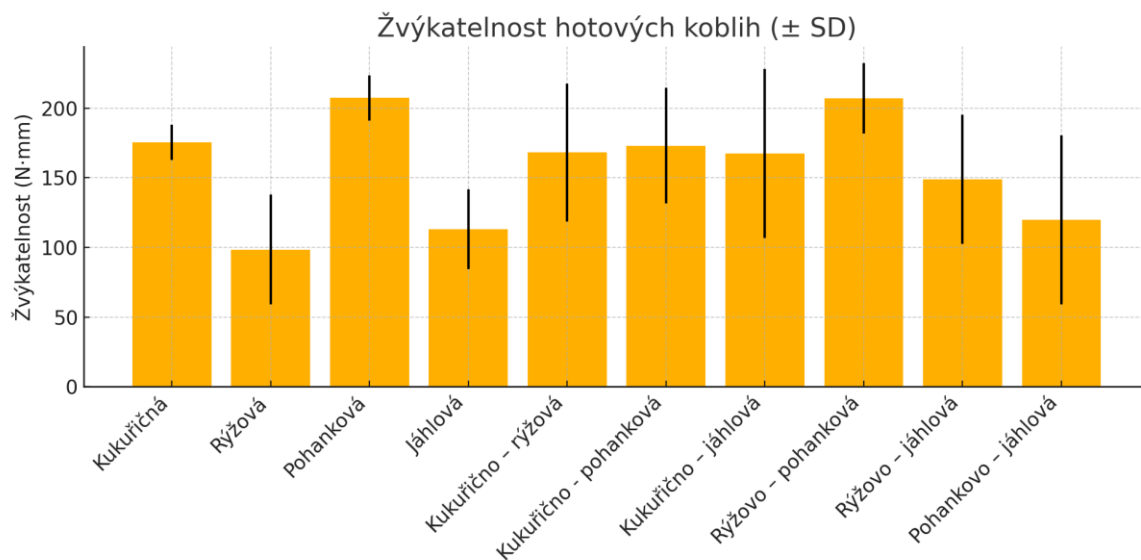
Vzorek	Tuhost (N)	Žvýkatelnost (N. mm)	Soudržnost	Pružnost (s)	Gumovitost (N. mm)
Kukuřičná	165,6 $\pm$ 9,1	175,5 $\pm$ 12,7	58,7 $\pm$ 3,3	2,72 $\pm$ 0,14	50,0 $\pm$ 3,0
Rýžová	56,0 $\pm$ 15,4	98,4 $\pm$ 39,5	31,4 $\pm$ 10,3	4,14 $\pm$ 0,16	26,5 $\pm$ 7,9
Pohanková	211,4 $\pm$ 14,5	207,3 $\pm$ 16,2	82,7 $\pm$ 6,7	2,75 $\pm$ 0,04	73,3 $\pm$ 6,6
Jáhlová	101, $\pm$ 22,3	113,1 $\pm$ 28,6	36,6 $\pm$ 7,6	3,10 $\pm$ 0,22	31,3 $\pm$ 5,9
Kukuřično – rýžová	165,2 $\pm$ 31,5	168,1 $\pm$ 49,5	59,1 $\pm$ 15,1	2,85 $\pm$ 0,33	50,2 $\pm$ 12,4
Kukuřično – pohanková	169,6 $\pm$ 28,0	173,1 $\pm$ 41,4	59,3 $\pm$ 13,8	2,74 $\pm$ 0,09	50,1 $\pm$ 11,3
Kukuřično – jáhlová	166,0 $\pm$ 49,1	167,5 $\pm$ 60,8	56,3 $\pm$ 18,3	2,59 $\pm$ 0,19	47,9 $\pm$ 45,5
Rýžovo – pohanková	208,3 $\pm$ 17,5	207,2 $\pm$ 25,3	81,8 $\pm$ 8,5	2,82 $\pm$ 0,27	71,4 $\pm$ 7,0
Rýžovo – jáhlová	120,9 $\pm$ 27,2	149,0 $\pm$ 46,3	47,7 $\pm$ 10,3	3,32 $\pm$ 0,35	40,3 $\pm$ 8,0
Pohankovo – jáhlová	127,2 $\pm$ 51,2	119,7 $\pm$ 60,8	40,4 $\pm$ 17,9	2,65 $\pm$ 0,48	33,9 $\pm$ 14,4

Z grafického znázornění tuhosti (obrázek č. 10) vyplývá, že nejvyšší odolnost vůči stlačení vykazovaly koblihy připravené z pohankové mouky (211,4 $\pm$ 14,5 N) a rýžovo–pohankové směsi (208,3 $\pm$ 17,5 N), což naznačuje jejich výrazně pevnější strukturu. Naopak nejnižší tuhost byla zaznamenána u rýžové mouky (56,0 $\pm$ 15,4 N), což odpovídá jejím známým reologickým vlastnostem – vyšší lepivost a méně soudržné těsto vedly k deformaci při smažení. Tento rozdíl je statisticky významný a naznačuje, že samotná rýžová mouka není vhodná jako jediný základ pro odpalované těsto.



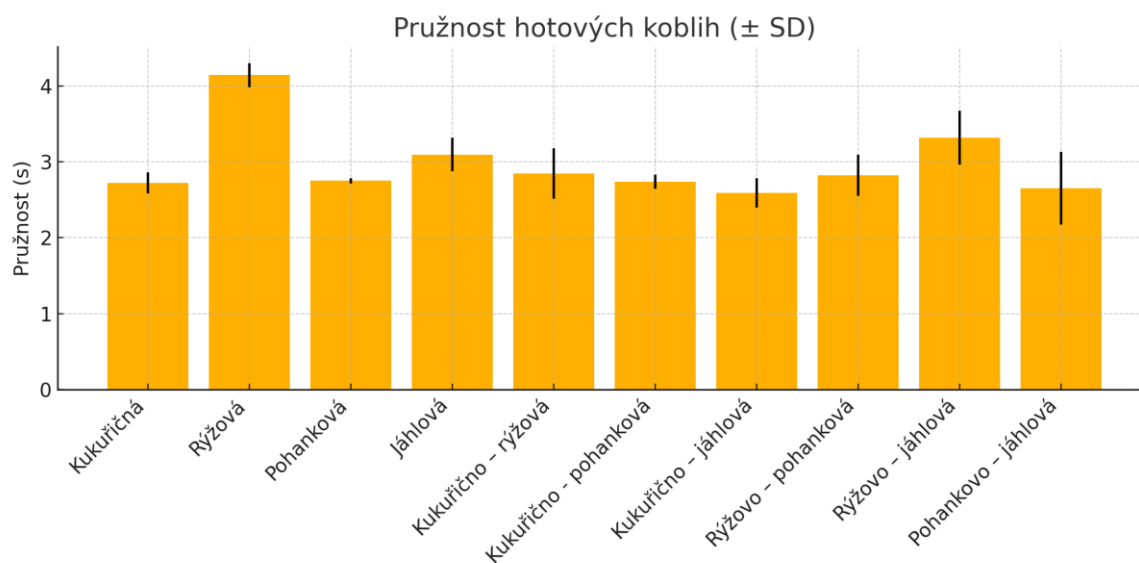
Obrázek 10 – Grafické znázornění tuhosti hotových výrobků ($\pm$ SD)

Žvýkatelnost (obrázek č. 11) kopíruje trend tuhosti. Nejvyšší hodnoty byly opět u pohankové ($207,3 \pm 16,2$ N·mm) a rýžovo–pohankové směsi ($207,2 \pm 25,3$ N·mm), zatímco nejnižší vykazovala rýžová mouka ($98,4 \pm 39,5$ N·mm). Vyšší žvýkatelnost je typická pro hutnější a kompaktnější strukturu, což je vhodné pro zachování objemu a tvaru při smažení.



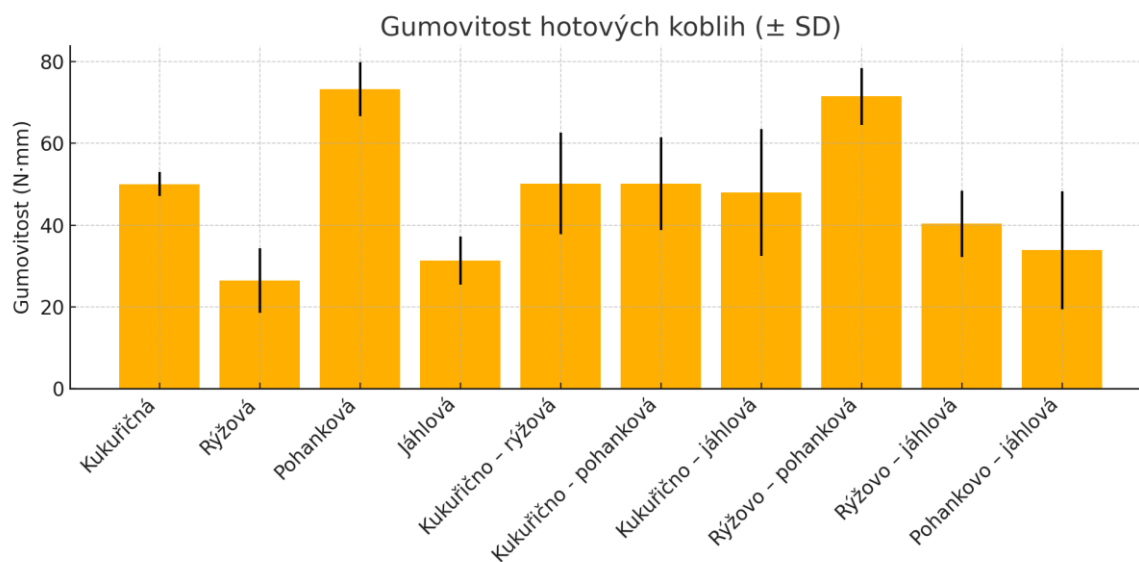
Obrázek 11 – Grafické znázornění žvýkatelnosti hotových výrobků ($\pm$ SD)

Z hlediska pružnosti (graf č. 12), která udává schopnost návratu do původního tvaru po deformaci, dosáhly nejvyšších hodnot rýžová ($4,14 \pm 0,16$ s) a rýžovo–jáhlová mouka ($3,32 \pm 0,35$ s). Tato vlastnost může být užitečná pro produkty s vyšší elasticitou, nicméně není vždy žádoucí, pokud je provázána nízkou tuhostí, což byl právě případ rýžové varianty.



Obrázek 12 – Grafické znázornění pružnosti hotových výrobků ($\pm$ SD)

Gumovitost (graf č. 13) jako kombinovaný ukazatel tuhosti a soudržnosti potvrzuje předchozí výsledky – pohanková ($73,3 \pm 6,6$ N·mm) a rýžovo–pohanková směs ($71,4 \pm 7,0$ N·mm) vykazovaly nejvyšší hodnoty, zatímco nejnižší opět patřila rýžové mouce ($26,5 \pm 7,9$ N·mm).



Obrázek 13 – Grafické znázornění gumovitosti hotových výrobků ($\pm$ SD)

Celkově lze tedy říci, že:

- Pohanková mouka a rýžovo–pohanková směs se jeví jako nejvhodnější z hlediska mechanické stability, žvýkatelnosti i celkové soudržnosti – jsou tedy dobře zpracovatelné a odolné při smažení.

- Rýžová mouka, přestože vykazovala vyšší pružnost, se ukázala jako nevhodná pro samostatné použití kvůli nízké tuhosti, soudržnosti a vyšší variabilitě výsledků.
- Směsné varianty (zejména kukuřično–pohanková a kukuřično–jáhlová) představují vyvážené řešení mezi pevností a pružností, a lze je doporučit pro další vývoj bezlepkových produktů.

Tato analýza tak potvrzuje, že volba a kombinace mouk má statisticky významný vliv na texturální parametry hotových výrobků a umožňuje cíleně navrhnout receptury podle požadavků na konzistenci, zpracovatelnost a senzorickou kvalitu.

9.4 Subjektivní senzorické pozorování

Ačkoli nebyla provedena formální senzorická analýza, vzorky byly během přípravy a testování ochutnány a subjektivně posouzeny. Výrobky z pohankové mouky nebo její kombinace působily při konzumaci hutněji, byly pevné a strukturované, což odpovídá i výsledkům instrumentální analýzy. Koblihy připravené z rýžové mouky byly naopak velmi měkké, drobivé a měly méně příjemnou, lehce zatuchlou pachut', která snižovala jejich senzorickou atraktivitu. Výrobky z kukuřičné mouky měly příjemnou, přirozeně nasládlou kukuřičnou příchut', která byla chuťově příznivě hodnocena. Kombinace kukuřičné a pohankové mouky pak přinesla specifickou, výraznější chuť i vůni, která může být atraktivní pro některé spotřebitele, ale nemusí vyhovovat každému. Nejlépe senzoricky působily směsi kukuřično–pohanková a kukuřično–jáhlová, které nabídly vyváženou texturu i chuť.

ZÁVĚR

Tato diplomová práce přinesla cenné poznatky o vlivu různých druhů bezlepkových mouk a jejich směsí na kvalitu a texturu koblih připravených z odpalovaného těsta. Bylo prokázáno, že jednotlivé mouky výrazně ovlivňují mechanické vlastnosti těsta i finálních výrobků – konkrétně tuhost, pružnost, soudržnost, žvýkatelnost a gumovitost. Zatímco rýžová mouka vykazovala omezenou stabilitu a soudržnost, pohanková a jáhlová mouka poskytly pevnější strukturu, avšak s určitými limity v pružnosti.

Klíčovým zjištěním je, že vhodné kombinace mouk – například kukuřičné s pohankovou nebo jáhlovou – umožňují dosáhnout vyvážených texturálních vlastností i bez přítomnosti lepku. Tyto směsi se vyznačují dostatečnou soudržností, pružností i tvarovou stabilitou, což potvrzuje jejich potenciál jako náhrady za strukturální funkci lepku v odpalovaném těstě.

Instrumentální texturální analýza poskytla objektivní data, která korelovala s chováním těsta při smažení i výslednými vlastnostmi koblih. Na základě těchto poznatků lze doporučit využívání směsných mouk jako efektivní cestu k optimalizaci bezlepkových receptur.

Ověření výzkumné hypotézy

Hypotéza H1, že použití různých bezlepkových mouk a jejich směsí významně ovlivňuje texturální vlastnosti těsta i kvalitu finálního výrobku, byla jednoznačně potvrzena. Výsledky analýzy ukázaly výrazné rozdíly mezi moukami – např. pohanková mouka vedla k nejtuzším a nejžvýkatelnějším vzorkům, zatímco rýžová poskytla měkké, ale málo soudržné produkty. Směsi, především kukuřično–pohankové, dosáhly nejlepší rovnováhy vlastností a přiblížily se parametrům běžného pšeničného pečiva.

Přínos a aplikační potenciál

Zjištěné poznatky mají praktický význam nejen pro výzkum, ale i pro praxi. Mohou být využity při návrhu a úpravě receptur v průmyslové výrobě, školních jídelnách nebo domácím pečení. Zvláště v kontextu výroby pro osoby s celiakií nebo intolerancí, které často kritizují texturu a kvalitu bezlepkových výrobků, nabízejí tato data konkrétní doporučení pro zlepšení kvality bez použití syntetických přísad.

Doporučení pro další výzkum

Na základě získaných výsledků lze doporučit další výzkum v následujících oblastech:

- **Senzorická analýza** – subjektivní hodnocení chuti, vůně, barvy a textury spotřebiteli, které doplní objektivní data.

- **Reologické vlastnosti těsta** – podrobnější zkoumání chování těsta před tepelnou úpravou.
- **Vliv dalších přísad** – např. emulgátorů, enzymů nebo alternativních mlék na texturu a výživovou hodnotu.
- **Stabilita při skladování** – sledování změn struktury, chuti a absorpce tuků v čase.

Celkově tato práce potvrdila, že správný výběr a kombinace bezlepkových mouk je klíčem k úspěšné náhradě lepku a že bezlepkové koblihy mohou – za vhodných podmínek – dosáhnout kvality srovnatelné s tradičními výrobky. Tím přispívá nejen k rozvoji bezlepkové pekařské technologie, ale i ke zlepšení kvality života osob se specifickými dietními potřebami.

Ačkoliv hlavní důraz byl kladen na instrumentální analýzu, byly zaznamenány i subjektivní rozdíly při zpracování. Rýžové koblihy sice působily vizuálně atraktivně (světlá barva, lesk), avšak vykazovaly menší strukturální stabilitu. Naproti tomu směsi, zejména kukuřično–pohankové, byly odolnější, lépe se plnily a jejich chuť byla vyhodnocena jako příjemně vyvážená. Tyto zkušenosti potvrzují potenciál směsí pro praktické využití v každodenní pekařské praxi.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ANTON, A.; ARTFIELD, S. Hydrocolloids in gluten-free breads. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 2009, 59(1), 11–23.

ARENDT, E. K.; DAL BELLO, F. *Gluten-Free Cereal Products and Beverages*. London: Academic Press, 2008.

ASHOKKUMAR, Y. *Textbook of Bakery and Confectionery*. 1. vyd. Delhi: Prentice Hall India, 2012. ISBN 8120346033.

BAAS, A. *Bezlepková dieta: výživa a bezpečnost*. Praha: Triton, 2013. ISBN 978-80-7387-745-3.

Baránek, P. *Pekařské suroviny a přísady*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2012.

BARČENAS, M., ROSELL, C. M., SÁNCHEZ, C., PÉREZ, G. T. Effect of freezing and frozen storage on the staling of part-baked bread. *Food Research International*. 2003, 36(8), s. 863–870. DOI: 10.1016/S0963-9969(03)00099-5.

BOJŇANSKÁ, T., KÁNTOR, A., MICHALOVÁ, A., KOVÁČ, J. Milk thistle flour effect in dough rheological properties. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2020, 14, s. 788–797. DOI: 10.5219/1400.BULKOVÁ, V. *Rostlinné potraviny*. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotních oborů, 2011. ISBN 978-80-7013-532-7.

Běláková, B. *Mikrobiologie potravin*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2013.

CAUVAIN, S. P. *Baking Technology: Management and Production*. Chichester: Wiley-Blackwell, 2015.

CHROUST, F.; MÜLLEROVÁ, M. *Pečeme moderně v malých i větších pekárnách*. Pardubice: KORA, 1993. ISBN 80-85644-03-7.

Churáčková, H. *Kvalita mouky pro pekařské účely*. Praha: Výzkumný ústav potravinářský Praha, 2014.

Česko. Vyhláška č. 18/2020 Sb., o požadavcích na pekařské a cukrářské výrobky. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2020. ISSN 1211-1244.

ČESKO. Vyhláška č. 54/2004 Sb., o potravinách pro zvláštní výživu. Sbírka zákonů České republiky.

Česko. Zákon č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích. Praha: Ministerstvo zemědělství, 1997. ISSN 1211-1244.

DEMIRKESEN, I.; MERT, B.; SUMNU, G.; SAHIN, S. Utilization of chestnut flour in gluten-free bread formulations. *International Journal of Food Science & Technology*. 2010, 45(7), 1533–1537.

DEMIRKESEN, I.; SUMNU, G.; SAHIN, S. Optimization of gluten-free bread formulation using response surface methodology. *European Food Research and Technology*. 2010, 230, s. 873–882. DOI: 10.1007/s00217-010-1222-4.

DEORA, N. S.; DESWAL, A.; MISHRA, H. N. Alternative approaches towards improving the quality of gluten-free doughs and breads. *Food Science and Technology International*. 2014, 20(4), s. 213–227. DOI: 10.1177/1082013213496687.

DOSTÁLOVÁ, R., VAVŘINOVÁ, M., KUBÁŇ, V., KUBÁŇ, P. Obiloviny a luštěniny. Praha: Sdružení českých spotřebitelů, 2016. ISBN 978-80-87719-35-0.

DUPIN, M. Celiakie v obrazech. Brno: Edika, 2013. ISBN 978-80-266-0357-0.

DVOŘÁČEK, V. Využití metody retenční kapacity mouky. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2012. ISBN 978-80-7427-097-0.

EVROPSKÁ KOMISE. Nařízení Komise (ES) č. 41/2009 ze dne 20. ledna 2009 o složení a označování potravin vhodných pro osoby s nesnášenlivostí lepku. *Úřední věstník EU*. 2009, L 16, s. 3–5.

Evropská unie. Nařízení (EU) č. 1169/2011 o poskytování informací o potravinách spotřebitelům. *Úřední věstník EU*, L 304, 22.11.2011. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A32011R1169>

FAKULTA TECHNOLOGICKÁ UTB. Přístrojové vybavení – textuometr TA.XT Plus [online]. [cit. 2025-05-01]. Dostupné z:

FASANO, A.; CATASSI, C. Clinical practice: Celiac disease. *New England Journal of Medicine*. 2012, 367(25), 2419–2426.

GABROVSKÁ, D. et al. Obiloviny v lidské výživě. Praha: Potravinářská komora České republiky, 2015. ISBN 978-80-87250-28-0.

GALLAGHER, E. *Gluten-Free Food Science and Technology*. Oxford: Wiley-Blackwell, 2009.

GALLAGHER, E.; GORMLEY, T. R.; ARENDT, E. K. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends in Food Science & Technology*. 2004, 15(3–4), 143–152.

GAMBUŠ, H.; SIKORA, M.; ZIOBRO, R. The effect of composition of gluten-free bread on its quality. *Food Science and Technology International*. 2009, 15(3), s. 217–224. DOI: 10.1177/1082013208101021.

GUJRAL, H. S.; ROSELL, C. M. Functionality of rice flour modified with microbial transglutaminase. *Journal of Cereal Science*. 2004, 39(2), 225–230.

HAGER, A.-S., WOLTER, A., JEKLE, M., BECKER, T., ARENDT, E. K. Investigation of product quality, sensory profile and ultrastructure of breads made from a range of commercial gluten-free flours compared to their wheat counterparts. *European Food Research and Technology*. 2012, 235(2), s. 333–344. DOI: 10.1007/s00217-011-1525-2.

HARTWIG, D.; HARTWIG, M. *Jídlo na prvním místě*. Brno: Jan Melvil Publishing, 2014. ISBN 978-80-87270-67-7.

HORSTMANN, Stefan W.; LYNCH, Kieran M.; ARENDT, Elke K. Starch Characteristics Linked to Gluten-Free Products. *Foods*. 2017, roč. 6, č. 4, s. 1–21. DOI: [10.3390/foods6040029](https://doi.org/10.3390/foods6040029).

Hrabě, J. *Pekařská technologie I*. Praha: SPŠPT, 2012. ISBN 978-80-86767-31-0.

Hrušková, M. *Vliv vajec na kvalitu těsta*. Praha: Výzkumný ústav potravinářský Praha, 2011.

INGRAHAM, Ch. et al. *Všechno o jídle*. Praha: Fortuna Print, 2006. ISBN 80-7321-251-X.

JNAWALI, P., KUMAR, V., TANWAR, B. Celiac disease. *Food Science and Human Wellness*. 2016, 5(4), s. 169–176. DOI: 10.1016/j.fshw.2016.09.003.

KLEINOVÁ, E. Změny kvality tuku při smažení. *Výživa a potraviny*, 2010, roč. 65, č. 3.

KOHOUT, P. *Základy výživy nemocných*. Praha: Galén, 1994. ISBN 80-85824-05-9.

KOHOUT, P.; PAVLÍČKOVÁ, J. *Celiakie*. Čestice: Medica Publishing, 1994. ISBN 80-901376-1.

KOTALOVÁ, Radana; NEVORAL, Jiří; LUDVÍKOVÁ, Olga; SKÝVOVÁ, Dagmar. Bezlepková dieta. 1. vyd. Praha: Národní centrum podpory zdraví, 1994. 15 s.

Koukolová, M. Cukerné látky v mouce. Chemagro, 2011.

Kubišová, Z. Tuky v pekařství. Listy cukrovarnické a řepařské, 2015, roč. 131, č. 1. ISSN 1210-3306.

Kubínová, R. Cukry a sladidla v potravinářství. Praha: ICT Press, 2010.

Kučerová, M. Fyzikálně-chemické vlastnosti mouky. Praha: Výzkumný ústav potravinářský, 2007.

LAZARIDOU, A.; BILIADERIS, C. G. Gluten-free doughs: rheological properties, testing methods, and additives. Food Research International. 2007, 40(5), 507–517.

MARCO, C.; ROSELL, C. M. Functional and rheological properties of protein enriched gluten-free composite flours. Journal of Food Engineering. 2008, 88(1), s. 94–103. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2008.02.003.

MARTINS, Zita E.; PINHO, Olívia; FERREIRA, Isabel M. P. L. V. O. Food industry by-products used as functional ingredients of bakery products. Trends in Food Science & Technology. 2017, roč. 67, s. 106–128. DOI: 10.1016/j.tifs.2017.07.003.

MATOS, M. E.; ROSELL, C. M. Relationship between instrumental parameters and sensory characteristics in gluten-free breads. European Food Research and Technology. 2012, 235(1), 107–117.

Mikule, V. Droždí a kvasné procesy. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1985.

Mlejnková, H. Fermentace v pekařství. Chemické listy, 2016, roč. 110, č. 3. ISSN 0009-2770.

MORENO, María de Lourdes, Isabel COMINO a Carolina SOUSA. Alternative grains as potential raw material for gluten-free food development in the diet of celiac and gluten-sensitive patients. Austin Journal of Nutrition and Food Sciences [online]. 2014, 2(3), s. 1–9 [cit. 2025-05-08]. Dostupné z: <https://austinpublishinggroup.com/nutrition-food-sciences/fulltext/ajnfs-v2-id1016.php>

MOORE, M. M.; HEINBOCKEL, M.; DOCKERY, P.; ULMER, H. M.; ARENDT, E. K. Network formation in gluten-free bread with application of transglutaminase. *Cereal Chemistry*. 2006, 83(1), 28–35.

MORENO, M. et al. Alternative grains as potential raw material for gluten-free food development in the diet of celiac and gluten-sensitive patients. *Austin Journal of Nutrition and Food Science*. 2014, 2(3), s. 1–9.

Müllerová, M.; Chroust, F.; *Pečeme moderně v malých i větších pekárnách*; KORA:

Pardubice, 1993. ISBN 80-85644-03-7.

Müllerová, M.; Skoupil, J. *Technologie pro 4. ročník SPŠ potravinářské*. Praha: Státní technické technicko-lesnické nakladatelství, 1988. ISBN 04-824-88.

Novák, J. *Mléko a mléčné výrobky v pekařství*. Brno: Výzkumný ústav chovu skotu, 2009.

Oh, H., Chol, B. B., Kim, Y. S. Changes of the quality of donuts using psyllium husk as powder and edible coatings. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 2019, 48(10), 1127–1134. ISSN 1226-3311. DOI: <https://doi.org/10.3746/jkfn.2019.48.10.1127>

OZTURK, O.; MERT, B. The effects of microfluidization on rheological and textural properties of gluten-free corn breads. *Food Research International*. 2018, 105, 782–792.

PELIKÁN, M.; SÁKOVÁ, L. *Jakost a zpracování rostlinných produktů*. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 2001. ISBN 80-7040-502-3.

Pokorný, J. *Základy potravinářské technologie*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2015. ISBN 978-80-7080-918-0.

POLAKI, A. et al. Fiber and hydrocolloid content affect the microstructural and sensory characteristics of fresh and frozen stored bread. *Journal of Food Engineering*. 2010, 97(1), 1–7.

Příhoda, J. *Technologie pekařských výrobků*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2008. ISBN 978-80-7084-738-0.

RŮŽIČKA, J. Aromata a dochucovadla. *Potravinářské listy*, 2014, č. 6.

Řehulka, Z. *Suroviny pro pekaře a cukráře*. Praha: Informatorium, 2011. ISBN 978-80-7333-088-9.

SASAKI, T. Effects of xanthan and guar gums on starch digestibility and texture of rice flour blend bread. *Cereal Chemistry*. 2018, 95(1), 177–184.

SCHOBER, T. J.; BEAN, S. R.; BOYLE, D. L. Gluten-free sorghum bread improved by sourdough fermentation: biochemical, rheological, and microstructural background. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2007, 55(13), 5137–5146.

SCHÖNEMANN, C.; DECKER, E. Formulation of Gluten-Free Bakery Products. In: *Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention*. 2nd ed. Elsevier, 2019.

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

SIVARAMAKRISHNAN, H. P.; SENGE, B.; CHATTY, K. Rheological properties of rice dough for making rice bread. *Journal of Food Engineering*. 2004, 62(1), s. 37–45. DOI: 10.1016/S0260-8774(03)00171-4.

STABLE MICRO SYSTEMS. Cylinder Probes – Technical Specifications. Surrey, UK: Stable Micro Systems Ltd., 2020. Interní technický dokument.

STABLE MICRO SYSTEMS. TA.XTPlus Texture Analyser – User Manual. Surrey, UK: Stable Micro Systems Ltd., 2021. Dostupné z:

Steinhauser, L. *Jakost a bezpečnost potravin*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2000. ISBN 80-7157-501-5.

SVÁČINA, Š. *Interna pro bakalářské studium*. Praha: Grada Publishing, 2008. ISBN 978-80-247-2185-3.

ŠAŠEK, L. *Fritovací tuky – složení a využití*. Potravinářský průmysl, 2012. ISSN 0032-6751.

Tesco Stores ČR a.s. *Kobliha obrázek*. [online]. Dostupné z:

TEXTUREANALYSISPROFESSIONALS. *Texture analysis in action: Dough Preparation Set* [online]. 2014 [cit. 2025-05-01]. Dostupné z:

THOMPSON, T. et al. Gluten-free diet survey: Are Americans with coeliac disease consuming recommended amounts of fibre, iron, calcium and grain foods? *Journal of Human Nutrition and Dietetics*. 2005, 18(3), 163–176.

TOPRECEPTY.CZ. Odpalované těsto podle Josefa Maršálka: Vodu a olej vyměňte za mléko s máslem. Chut' bude nesrovnatelně lepší, radí cukrář [online]. 2023 [cit. 2025-04-25]. Dostupné z: <https://www.toprecepty.cz/clanky/4958-odpalovane-testo-podle-josefa-marsalka-vodu-a-olej-vymente-za-mleko-s-maslem-chut-bude-nesrovnatelne-lepsi-radi-cukrar/>

Vaculová, K.; Jančová, B. Technologie výroby potravin. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2017. ISBN 978-80-7509-507-6.

VACULOVÁ, K.; JANČOVÁ, B. Technologie výroby potravin. Brno: Mendelova univerzita, 2017. ISBN 978-80-7509-507-6.

VELÍŠEK, J. Chemie potravin I. Tábor: OSSIS, 2009. ISBN 978-80-86659-10-1.

VELÍŠEK, J.; HAJŠLOVÁ, J. Chemie potravin I. Tábor: OSSIS, 2009. ISBN 978-80-86659-10-1.

Vlček, L. Kvalita náplní do pečiva. Cukrářská technologie, 2013.

ZHAO, B.; WU, J.; LI, H.; et al. Final report of EORTC 26951 and RTOG 9402 for anaplastic oligodendrogial tumors. Journal of Clinical Oncology. 2022, vol. 41, č. 9, s. 933–934. DOI: [10.1200/JCO.22.01874](https://doi.org/10.1200/JCO.22.01874).

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Kobliha (Tesco Stores ČR a.s.)	20
Obrázek 2 – Logo přeškrtnutého klasu (Dupin, 2013)	21
Obrázek 3 – TA. XP Plus Texture Analyzer (Fakulta technologická UTB)	36
Obrázek 4 – Nástavec Dought separation set (TextureAnalysisProfessionals, 2014).....	36
Obrázek 5 – Plochý kompresní nástavec P/100 (Stable Micro Systems, 2020)	39
Obrázek 6 – Porovnání průměrné tloušťky těsta před a po usmažení ($\pm$ SD).....	42
Obrázek 7 – Porovnání průměrných hmotností před a po usmažení ($\pm$ SD)	44
Obrázek 8 – Grafické znázornění tuhosti jednotlivých těst ($\pm$ SD)	46
Obrázek 9 – Grafické znázornění žvýkatelnosti jednotlivých těst ($\pm$ SD)	47
Obrázek 10 – Grafické znázornění tuhosti hotových výrobků ($\pm$ SD)	49
Obrázek 11 – Grafické znázornění žvýkatelnosti hotových výrobků ($\pm$ SD).....	49
Obrázek 12 – Grafické znázornění pružnosti hotových výrobků ($\pm$ SD)	50
Obrázek 13 – Grafické znázornění gumovitosti hotových výrobků ($\pm$ SD)	50

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 – Receptura na koblihy z 10 kg mouky (Müllerová, Chroust, 1993)	16
Tabulka 2 – Původní receptura na odpalované těsto (Toprecepty.cz, 2023)	34
Tabulka 3 – Upravená receptura pro bezlepkové koblihy z odpalovaného těsta (vychází z tab. 2).....	34
Tabulka 4: Průměrná tloušťka před a po usmažení ($\pm$ SD).....	42
Tabulka 5: Průměrná hmotnost před a po usmažení ($\pm$ SD)	44
Tabulka 6: Průměrné hodnoty texturální analýzy těsta ($\pm$ SD).....	46
Tabulka 7: Průměrné hodnoty texturní analýzy hotových výrobků ($\pm$ SD).....	48