

Kvalita pečiva z netradičních bezlepkových surovin

Bc. Veronika Přepechalová

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. Veronika Přepechalová
Osobní číslo: T18277
Studijní program: N2901 Chemie a technologie potravin
Studijní obor: Technologie potravin
Forma studia: Prezenční
Téma práce: Kvalita pečiva z netradičních bezpečkových surovin

Zásady pro vypracování

I. Teoretická část

1. Suroviny používané při výrobě bezpečkového pečiva
2. Netradiční (marginální) bezpečkové suroviny
3. Nedostatky bezpečkového pečiva

II. Praktická část

1. Specifikace marginálních bezpečkových mouk použitých v práci
2. Popis použitých metodik měření
3. Popis získaných výsledků
4. Diskuse výsledků s literaturou
5. Formulace závěrů plynoucích z práce

Forma zpracování diplomové práce: Tiská/elektronická

Seznam doporučené literatury:

- [1] ALVAREZ-JUBETE, L., AUTY, M., ARENDT, E. K., GALLAGHER, E. (2010). Baking properties and microstructure of pseudocereal flours in gluten-free bread formulations. *European Food Research and Technology*, 230(3), 437.
- [2] HAN, J. J., JANZ, J. A., GERLAT, M. (2010). Development of gluten-free cracker snacks using pulse flours and fractions. *Food Research International*, 43(2), 627-633. Sciarini, L. S., Ribotta, P. D., León, A. E., Pérez, G. T. (2010). Influence of gluten-free flours and their mixtures on batter properties and bread quality. *Food and Bioprocess Technology*, 3(4), 577-585.

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 užit 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 na 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 zhodnocením kvality bezlepkového pečiva, a to vlivem kombinace různých tradičních i netradičních druhů mouk včetně jejich kombinace s kypřicími složkami. Uvedeny jsou i pravděpodobné vlivy přidavku dalších surovin do recepturního složení. V teoretické části jsou zahrnuty informace týkající se využívání základních, ale také marginálních/netradičních druhů surovin pro výrobu bezlepkového pečiva. V práci jsou dále rozebrány nedostatky bezlepkového pečiva a možnosti jeho fortifikace. Pro doplnění jsou uvedeny i informace týkající se onemocnění celiakie, dále o významu bezlepkového pečiva ve výživě člověka a značení bezlepkových potravin.

V praktické části jsou popsány jednotlivé kroky při zpracování experimentu. Byly vyhodnoceny vlivy kombinací použitých mouk včetně kypřicích složek a dalších surovin. Z výsledků statistické analýzy vyplynulo, že celkově nejvhodnější dopad na texturní vlastnosti pečiva (tvrdost, pružnost, soudružnost, žvýkatelnost a resilience) měla kombinace rýžová/jáhlová mouka společně s kváskem. Nejhůře pak dopadly vzorky za kombinace pohanková/banánová a rýžová/kokosová mouka společně se sušeným droždím a kypřicím práškem.

Klíčová slova: kvalita bezlepkového pečiva, bezlepkové suroviny, netradiční marginální suroviny, nedostatky bezlepkového pečiva, texturní profilová analýza (texturní vlastnosti)

ABSTRACT

The diploma thesis is focused on the evaluation of some gluten free products (bread/rolls) which are affected by different combination of common and marginal or unusual types of flours together with dried yeast, sourdough and baking powder. The potential affection of the quality of gluten-free products by another raw materials was also described. In the theoretical parts, there are involved information about common types of gluten-free flours, but about marginal or unusual types of these flours, too. Another parts of the theoretical part involved information about the absences of gluten-free products (bread/rolls) and some possibilities how to improved their quality. For interesting, also some information about celiac diseases, importance of gluten free products in the human nutrition or labelling of the products, are comprised.

In the practical part there is a description of an experiment, where was evaluated a few combinations of gluten free flours included raising components (sourdough, dried yeast and baking powder). Each combination was evaluated by the analysis of statistic and was described characteristics like hardness, cohesiveness, springiness, chewiness and resilience. Influencing of the quality by another raw materials was also described. The best combination was rice/millet flour with sourdough and the worst one was the combination of buckwheat/banana and rice/coconut flours with dries yeast and baking powder.

Keywords: quality of gluten free products, gluten free raw materials, non-traditional/marginal gluten raw materials, absences of gluten free products, texture profile analysis

Tímto bych chtěla poděkovat paní doc. RNDr. Ivě Burešové, Ph.D. za pomoc, odborné připomínky a cenné rady při zpracování této diplomové práce. Dále bych ráda poděkovala doktorance Ing. Romaně Šebestíkové za pomoc a poskytnutí materiálů v laboratoři při zpracování experimentální části práce.

Poděkování patří také mojí rodině za podporu a trpělivost, kterou mi během studia neustále poskytovala.

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

OBSAH

ÚVOD	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 SUROVINY POUŽÍVANÉ PŘI VÝROBĚ BEZLEPKOVÉHO PEČIVA	13
1.1 PSEUDOCEREÁLIE	13
1.1.1 Pohanka setá a tatarská.....	13
1.1.2 Laskavec (amaranth)	15
1.1.3 Merlík čilský (quinoa).....	15
1.2 RÝŽE	16
1.2.1 Výrobky z rýže	16
1.3 LUŠTĚNINY.....	17
1.3.1 Sója luštinatá	18
1.3.2 Výrobky ze sóji	18
1.4 KUKUŘICE	19
1.4.1 Výrobky z kukuřice	19
1.5 ŠKROBY.....	20
1.5.1 Struktura a chemické složení.....	21
1.5.2 Bramborový škrob	23
1.5.3 Kukuřičný škrob	24
1.5.4 Rýžový škrob.....	24
1.5.5 Tapiokový škrob.....	24
1.6 HYDROKOLOIDY	25
1.6.1 Guarová guma	26
1.6.2 Xanthan	26
1.6.3 Hydroxymethylcelulóza a karboxymethylcelulóza	26
2 NETRADIČNÍ (MARGINÁLNÍ) BEZLEPKOVÉ SUROVINY	28
2.1 NETRADIČNÍ DRUHY MOUK	28
2.1.1 Exotické druhy mouk	28
2.1.2 Ořechové mouky, mouky ze semen a jiné plodové mouky.....	29
2.1.3 Mouky z luštěnin.....	29
2.1.4 Netradiční traviny a bylinné mouky	30
2.1.5 Mouky z černé a červené rýže	31
2.2 NETRADIČNÍ DRUHY ŠKROBŮ	31
2.2.1 Banánový škrob	32
2.2.2 Fazolový škrob	32
2.2.3 Sago škrob	32
2.2.4 Čirokový škrob	33
2.3 ROSTLINNÉ PROTEINY	33
2.3.1 Hrachový, fazolový a čočkový protein	33
2.3.2 Sójový protein	34

2.3.3	Protein z cizrny (Aquafaba)	34
2.4	VLÁKNINY	34
2.4.1	Psyllium, jablečná a bambusová vláknina	35
3	NEDOSTATKY BEZLEPKOVÉHO PEČIVA	36
3.1	ABSENCE LEPKOVÝCH BÍLKOVIN A ODLIŠNOSTI OD PŠENIČNÉHO PEČIVA	36
3.2	ABSENCE VÝRAZNÝCH CHUŤOVÝCH LÁTEK	37
3.3	FORTIFIKACE BEZLEPKOVÉHO PEČIVA	38
3.3.1	Využití hydrokoloidů	38
3.3.2	Využití proteáz získaných z <i>Aspergillus oryzae</i>	39
3.3.3	Využití bycillolysinu, papainu a subtilisinu	39
3.3.4	Využití kyselin nebo solí kyselin	40
3.3.5	Emulgátory	41
4	VÝZNAM BEZLEPKOVÝCH POTRAVIN VE VÝŽIVĚ	42
4.1	ONEMOCNĚNÍ SPOJENÉ S KONZUMACÍ LEPKU	42
4.1.1	Celiakie	42
4.1.2	Non-glutenová senzitivita	43
4.1.3	Možné souvislosti dermatologických problémů s celiakií	43
4.2	OZNAČOVÁNÍ BEZLEPKOVÝCH POTRAVIN NA OBALECH	44
II	PRAKTICKÁ ČÁST	45
5	CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE	46
6	SPECIFIKACE POUŽITÝCH MOUK	47
6.1	SPECIFIKACE JEDNOTLIVÝCH MOUK	47
6.3	POUŽITÉ RECEPTURY	48
7	METODIKA ZPRACOVÁNÍ	52
7.1.1	Zařízení	52
7.2.1	Ztráty pečením	53
7.2.2	Specifický objem	53
7.2.3	Texturní profilová a statistická analýza	54
8	POPIS ZÍSKANÝCH VÝSLEDKŮ	55
8.1	VÝSLEDKY	55
8.1.1	Specifický objem	55
8.1.2	Ztráty pečením	57
8.1.3	Tvrdost	59
8.1.4	Soudružnost	60
8.1.5	Pružnost	62
8.1.6	Žvýkatelnost	63
8.1.7	Resilience	65
9	DISKUZE VÝSLEDKŮ S LITERATUROU	68
9.1.2	Vliv kombinace mouk a surovin na ztráty pečením	69
9.1.3	Vliv kombinace mouk a surovin na tvrdost	70

9.1.4	Vliv kombinace mouk a surovin na soudružnost	71
9.1.5	Vliv kombinace mouk a surovin na pružnost.....	72
9.1.6	Vliv kombinace mouk a surovin na žvýkatelnost	73
9.1.7	Vliv kombinace mouk a surovin na resilienci	73
ZÁVĚR		75
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY		76
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK		91
SEZNAM OBRÁZKŮ		93
SEZNAM TABULEK.....		94
SEZNAM PŘÍLOH.....		95

ÚVOD

Pekařské výrobky jsou neodmyslitelnou součástí lidské výživy. Kvalitní pečivo je zdrojem potřebných sacharidů, vlákniny, minerálních látek a vitaminů. V současné době roste čím dál více poptávka po bezlepkových surovinách, obzvláště po bezlepkovém pečivu. Důvodem zvýšené poptávky je jednak vzrůstající počet osob trpících celiakií nebo nemocí s tím souvisejících, tak na druhou stranu jsou bezlepkové potraviny také vyhledávány za účelem lepšího zdravotního stavu a změny jídelníčku u mnoha osob.

Absence lepku u bezlepkového pečiva čítá mnoho technologických problémů. Lepková matrix totiž dokonale slouží k zachycení plynů, což vede k lepšímu objemu a lepší pórovitosti daného pečiva. Také elasticita těsta je díky lepku vysoká. Bezlepkové pečivo je hůře zpracovatelné, texturně a sensoricky po většinou fádní. Velký důraz je proto kladen na kvalitu a také na výběr a kombinaci vhodných surovin tak, aby se bezlepkové pečivo alespoň z části podobalo tomu běžnému.

V teoretické části diplomové práce jsou uvedeny charakteristiky jednotlivých surovin, které se běžně pro výrobu bezlepkového pečiva využívají. Dále jsou v práci uvedeny i poznatky o možnostech využívání různých netradičních či marginálních bezlepkových surovin. Následující část práce se zabývá popisem nedostatků, kterým bezlepkové pečivo po většinou disponuje. V této části jsou uvedeny také různé možnosti fortifikace, které dokáží zlepšit kvalitu bezlepkového pečiva. V posledních kapitolách byly pro doplnění uvedeny informace o významu bezlepkových surovin ve výživě a také byla popsána onemocnění, která souvisejí s povinnou bezlepkovou stravou.

Praktická část diplomové práce popisuje samotný experiment výroby a zhodnocení kvality pečiva, kde byly vymyšleny různé receptury po několika variantách, ve kterých se lišily kombinace více či méně známých druhů mouk a ve kterých se také lišil přírůstek ostatních surovin, za účelem posouzení vlivu na texturní vlastnosti daných výrobků. V jednotlivých kapitolách praktické části jsou uvedeny charakteristiky použitých mouk a surovin, metodika zpracování, výsledky a diskuze. V diskuzi jsou následně dané výsledky porovnány s vybranými zdroji a je popsáno, co dané změny mezi jednotlivými vzorky z příslušných receptur, mohlo skutečně způsobit.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 SUROVINY POUŽÍVANÉ PŘI VÝROBĚ BEZLEPKOVÉHO PEČIVA

V současné době je poptávka po bezlepkovém pečivu velmi vysoká. Nejedná se jen o spotřebitele trpící celiakií, glutenovou senzitivitou nebo osobami alergickými na lepek. Převážnou část tvoří také spotřebitelé dobrovolně přizpůsobující se na bezlepkovou stravu, aniž by to z hlediska jejich zdravotního stavu, bylo zcela nutné. Suroviny pro výrobu bezlepkového pečiva je nutné pečlivě vybírat, aby byl vyroben výrobek požadované kvality, s vhodnými texturními a sensorickými vlastnostmi.

Pro výrobu pečiva se používají různé druhy travin, pseudocereálií, luštěnin, olejnin nebo okopanin, ze kterých se připravují mouky o různých granulacích, škroby nebo oleje. Aby se reologické vlastnosti těsta a i finálního výrobku podobaly běžnému pečivu, je třeba zvolit vhodný poměr použitých surovin. Velkou část surovin, tvoří při technologickém procesu, také přídavek různých zahušťovadel, stabilizátorů nebo emulgátorů. Pro zvýšení nutriční hodnoty, ale také pro zvýšení přijatelnosti sensorických vlastností, se přidávají různé druhy proteinů a cukrových sirupů. Podstatnou složkou tvoří také vláknina.

1.1 Pseudocereálie

Pseudocerálie patří mezi dvouděložné rostliny a z hlediska vysokého obsahu škrobu, se tak podobají běžným cereáliím, díky tomu si také zasloužily název pseudocereálie. Často jsou také nazývány jako „obilniny“ 21. století. Mají vhodné nutriční a nutraceutické složení a ve výživě člověka hrají dominantní roli. Jsou bohatým zdrojem vitaminů a minerálních látek, obsahují také vysoký podíl škrobu, vlákniny, polyfenolů, a fytosterolů. Proteiny jsou všeobecně u pseudocereálií zastoupeny ve vysoké kvalitě a to díky dostatečnému množství esenciálních aminokyselin a aminokyselin bohatých na sulfur. Chemické složení však závisí na druhu použité suroviny a lze mezi nimi najít patřičné rozdíly. Své postavení zde zaujímají pohanka, quinoa a amarant. Proběhlo už řada výzkumů, kde se hodnotil vliv daných pseudocereálií na texturní a reologické vlastnosti pečiva. Jako velmi vhodné se ukázalo pečiva za použití pohanky a quinoy (Alvarez-Jubete a kol., 2010; Schoenlechner a kol., 2008).

1.1.1 Pohanka setá a tatarská

Pohanka setá (*Fagopyrum esculentum*) patří mezi dvouděložné jednoleté teplomilné rostliny, spadající do čeledi rdesnovitých (*Polygonaceae*). Jedná se o nejmladší plodinu,

kteřá se do Evropy dostala až ve středověku. Plodem jsou nažky, které jsou zdrojem kvalitních esenciálních aminokyselin a obsahují i vysoké množství vitamínu skupiny B, C a E. Z minerálních látek je vysoké zastoupení zejména hořčíku, draslíku a fosforu. V menší míře jsou pak zastoupeny i měď, zinek a selen. Její oloupaná a obroušená zrna se podobají ječným kroupám a cení se pro vyšší obsah minerálních látek, než je tomu u jiných obilovin (Gabrovská a kol., 2015). Kroupa pohanky obsahuje zhruba 2 % rozpustných sacharidů a hlavním komponentem těchto sacharidů je sacharóza. Mezi rozpustnými sacharidy svoje místo zaujímá také D-chiro-inositol a fagopyritoly, které jsou důležité pro zrání semen a jsou také používány pro výrobu potravinových doplňků, neboť redukují symptomy na inzulinu nezávislé cukrovky. Obsah bílkovin se pohybuje kolem 12 % a ve srovnání s dalšími plodinami, má pohanka optimální zastoupení esenciálních aminokyselin, zejména lysinu, threoninu, tryptofanu a sirných aminokyselin. Limitující aminokyselinou je leucin. Tuk se převážně vyskytuje v embryu a endospermu nažky a jeho množství se udává v rozmezí 1,5-3 %. Ve velkém množství (82 % tuku) jsou zde zastoupeny vícenenasycené mastné kyseliny a to převážně kyselina palmitová a linolová) a nelze opomenout fyziologicky aktivní steroly (sitosterol, stigmasterol, kampesterol), které se preventivně podílejí na snižování vstřebávání cholesterolu (Prugar, 2008).

Tatarská pohanka (*Fagopyrum tataricum*) je velmi příbuzná pohance seté. Z hlediska pěstebních podmínek, je odolnější vůči chladu a suchu a lépe dokáže využívat minerální látky z půdy. Je proto vhodná i pro pěstování v okrajových zemědělských oblastech. V chemickém složení se od pohanky seté liší vyšším obsahem vitamínu B a dále také vyšším obsahem rutinu. V nažkách byl nalezen obsah rutinu v rozmezí 0,8-1,7 %, přičemž v sušině se obsah může lišit až o 3 %. Pohanka je obecně známá jako výborný zdroj bioaktivních látek. Nelze opomenout onen bioflavonoid rutin, jehož účinky závisí na daném genotypu, podmínkách pěstování, vývojové fázi apod. Rutin výrazně přispívá ke zvýšení pružnosti cév, pomáhá s léčbou při oběhových problémech a při onemocnění zvaném ateroskleróza (kornatění tepen). Snižuje také hladinu krevního tlaku a stimuluje využívání vitamínu C v organismu. Využití pohanky se čím dál více soustřeďuje na výrobu bezlepkového pečiva a to z důvodu absence prolaminů, které jsou jinak pro pacienty trpící celiakií, toxické. Je třeba však dbát pozornost na množství zkonsumované pohanky a na její způsob zpracování, neboť se u některých citlivých jedinců, mohou projevit i alergické reakce Pohanka slouží jako surovina pro výrobu mouk, pro přípravu piva nebo se používají samotná zrna pro různé kulinární úpravy. Mouka z pohanky obsahuje zhruba 10 % bílkovin, 1,8 % popela, 2,5 %

tuku a 6 % vlákniny Množství škrobu v pohance je z hlediska výroby pečiva důležité. Jeho množství tvoří 55 % hmotnosti nažky a vede k určení konzistence a chutě pohankových produktů. Tepelně upravený škrob pohanky, je méně stravitelný, než je tomu u pšenice a zbývající frakce jsou tvořeny pomalu stravitelným a rezistentním škrobem, který se vyznačuje podobnými účinky jako vláknina, čímž se zvýší i nutriční stránka bezlepkového pečiva (Gabrovská a kol., 2015; Prugar 2008)

1.1.2 Laskavec (amaranth)

Laskavec neboli amarant spadá do čeledi laskavcovitých (*Amaranthacea*) a jeho původ pochází ze Střední Ameriky, kde byl pěstován Aztéky a Inky. Jedná se o mohutnou jednoletou a teplomilnou rostlinu, která může dosahovat až dvoumetrové výšky. Rostlina je tvořena vejčitými listy a květy, které jsou uspořádány do klubíček (zvaných také jako lat). Plodem jsou drobné nažky o velikosti 1,7 mm, obsahující drobná semena amarantu. Oproti jiným obilovinám dominuje laskavec vyšší výživovou hodnotou, která je dána vlivem zastoupení vyššího podílu tuku, bílkovin, některých vitaminů a minerálních látek. Taktéž biologická hodnota je oproti běžným obilovinám vyšší, a to v důsledku zastoupení esenciální, u obilovin limitující aminokyseliny, lysinu. Amarant se v současné době používá v různých formách úpravy. Jednak se zrna používají na přípravu mouky, škrobu a oleje nebo se používají zrna celá či pufovaná. Mouka se prodává samostatně nebo v hotových směsích na přípravu pečiva a její přídavek k ostatním druhům mouk či speciálních směsí, se pohybuje kolem 10-30 %. Škrob našel výborné uplatnění při výrobě pečiva, neboť těstu dodává jemnou a krémovitou strukturu, soudružnost a stabilitu. Laskavcový olej má mimo jiné výborné antioxidační účinky, které jsou dány zastoupením skvalenu. Skvalen také dobře působí na podporu imunity a má regenerační účinky (Gabrovská a kol., 2015).

1.1.3 Merlík čilský (quinoa)

Quinoa (*Chenopodium quinoa willd*) je rostlina z čeledi laskavcovitých a její využití se datuje už od středověku. Jedná se o strategickou plodinu vyznačující se genetickou variabilitou, dobrou adaptací na klimatické podmínky, kvalitním nutričním složením a různorodostí použití. Merlík dokáže růst i v horkých a suchých prostředích při teplotách od -4 °C až +38 °C. Bílkoviny jsou zde zastoupeny z 13,8-21,9 % dle odrůdy a převážně jsou zde zastoupeny v typu albuminy a globuliny. Merlík je jedinou z pseudocereálií, která obsahuje všechny esenciální aminokyseliny. Jejich množství se přibližuje doporučeným standardním nutričním hodnotám. Ve sto gramech merlíku lze najít až pětinašobně více

aminokyselin než v pšenici. Ve vysokém množství je zde zastoupen lysin, fenylalanin a sulfurové aminokyseliny. Příjem aminokyselin (převážně isoleucinu, leucinu a valinu) je důležitý pro energii získávanou pro činnost svalů, zlepšení neuromuskulárních problémů nebo pro udržování stálé hladiny krevního cukru v krvi. Jako další významnou aminokyselinu lze uvést kyselinu aspartamovou, která se běžně v ostatních cereáliích nevyskytuje. Stravitelnost bílkovin závisí na odrůdě a technologickém zpracování. Quinoa má také vysoké procento vlákniny a navozuje pocit nasycení. Z merlíku se vyrábí hned několik produktů, jako jsou mouky, těstoviny, energetické tyčinky, pufovaná zrna a další. Semena merlíku se často před dalším technologickým zpracováním nechávají nejprve zbavit slupky, neboť jsou nositelem hořkosti (Gabrovská a kol., 2015; Blanco, 2011).

1.2 Rýže

Rýže setá (*Oryza sativa*) je travina řadící se mezi lipnicovité rostliny. Pochází ze subtropických oblastí, a to převážně z Afriky a Asie. Z hlediska objemu produkce patří rýže mezi nejrozšířenější světovou obilovinu. Jednotlivé druhy rýže jsou mezi sebou odlišné tvarem, délkou zrna, barvou, úpravou či nutričním složením. Nutričně nejbohatší je tzv. indiánská rýže, která je charakteristická pro své dlouhé tmavě červené obilky. Její sušina je tvořena z 92 %, obsah sacharidů se pohybuje kolem 77 %, obsah bílkovin dosahuje až 15 % a vláknina je zde zastoupena kolem 6 %. Z minerálních látek pak disponuje největším zastoupením zinek, draslík, hořčík, železo a vitaminy skupiny B (B₅-kyselina listová, B₂-riboflavin, B₃-niacin a B₆-pyridoxin). Rýže se považuje za nejlevnější nutriční potravinový zdroj a její použití při výrobě bezpečných potravin dominuje.

1.2.1 Výrobky z rýže

Pro výrobu pečiva se rýže technologicky zpracovává na mouku, škrob nebo proteinové izoláty. Díky svým charakteristickým sensorickým a technologickým vlastnostem, se řadí mezi nejvíce využívané suroviny pro výrobu bezpečného pečiva. Je hypoalergenní, neutrální chuti, bílé barvy a je snadno stravitelná. Udává se, že pro výrobu bezpečného pečiva, je nejvhodnější kombinace mouky z rýže pololoupané a loupané. Kvůli nedostatku bílkovin je vhodné tuto mouku kombinovat s jinými druhy mouk. V kombinaci s moukou rýžovou, se často využívá také mouka pohanková. Vyrábí se mletím loupaných či neloupaných nažek pohanky seté. Její typická chuť může zásadně pozměnit sensorické vlastnosti těsta, proto je vhodné její poměr v dané receptuře, dobře zvolit. V kombinaci

s rýžovou moukou se v řadě studií potvrdila také dobrá pórovitost přibližující se pórům u běžného pšeničného pečiva (Blanco, 2011; Gabrovská a kol., 2015; Torbica a kol., 2010).

1.3 Luštěniny

Luštěniny jsou zralá suchá semena luskovin spadající do čeledi bobovitých (*Fabaceae*). Pěstování luštěnin se datuje až do 4000 let před naším letopočtem a v Evropě začala být pěstována od 15. století. Jakost luštěnin je řízena vyhláškou Ministerstva zemědělství č. 329/1997 Sb. pro škrob, výrobky ze škrobu, luštěniny a olejnatá semena. Největší postavení zaujímá sója a cizrna, dále také fazol a hrách. Čím dál více jsou využívány i různé další druhy čočky nebo bobu zahradního (Bulková, 2011).

V rámci chemického složení se luštěniny vyznačují nízkým podílem tuku, s výjimkou podzemnice olejné a sójových bobů. Významný je obsah nenasycených a polynenasycených mastných kyselin. Bílkoviny jsou v luštěninách zastoupeny v podstatné míře a hlavními zásobními proteiny jsou globuliny (70 %). Velmi často se proteiny luštěnin také využívají pro enkapsulaci. Biologická hodnota bílkovin je však snížena o nízký podíl limitujících aminokyselin (cystein a methionin). Množství sacharidů nacházející se v semenech luštěnin je zde dominující a vysoké množství zaujímá také vláknina. Vitaminy jsou zastoupeny zvláště skupiny B a E. Z minerálních látek dominuje draslík, hořčík, vápník a železo. Nevýhodou luštěnin jsou jejich flatulenční a antinutriční účinky a horší stravitelnost. Aby se tyto účinky zmírnily, doporučuje se luštěniny před vařením namáčet, a to zpravidla v rozmezí 4-10 hodin, v závislosti na druhu a velikosti luštěnin). Vodu je pak nutné slít a pro vaření použít vodu novou (Bulková, 2011; Sharif a kol., 2018).

Antinutriční látky se dělí na termolabilní a termostabilní. Mezi termolabilní antinutriční látky patří inhibitory proteáz, goitrogenní látky a lektiny. Inhibitory proteáz běžně slouží jako ochrana rostlin před škůdci, v organismu však negativně působí na trávicí enzymy, jako jsou pepsin, trypsin a chymotrypsin, tudíž dochází ke zhoršení trávení. Goitrogenní látky způsobují nedostatečnou biosyntézu hormonů štítné žlázy. Lektiny jsou specifické bílkoviny, které se dokážou navázat na mono- a oligosacharidy. Působí jako přírodní toxiny a při otravách dochází k zánětům střeva poškozením sliznice, hromaděním vody v lymfatické tkáni a jejím krvácením. Do termostabilních látek v luštěninách patří kyselina fytová, oxaláty, purinové látky, tanniny a nepříznivý vliv mají také oligosacharidy (rafinóza, stachyóza, verbaskóza a ajugóza). Oligosacharidy jsou zodpovědné za nadýmání, ale na druhou stranu jsou velmi pozitivní z hlediska jejich využití jako prebiotika. Z hlediska

vyššího podílu purinových látek, by se však lidé trpící dnou, měli vyvarovat nadměrné konzumaci luštěnin. Z hlediska chemického a nutričního složení, jsou luštěniny čím dál více zařazovány jako vhodné suroviny pro výrobu bezlepkových pekařských a pečivářských výrobků (Bezpečnost potravin A-Z, 2020; Bulková, 2011; Han a kol., 2010).

1.3.1 Sója luštinatá

Sója luštinatá (*Glycine soja*) je jednoletá rostlina dosahující výšky až 120 cm. Plodem jsou lusky, ve kterých jsou ukrytá semena sóji. V jednom lusku se zpravidla nachází 1 – 5 semen (Bulková, 2011). Její plody jsou bohatým zdrojem bílkovin (36,5 %, při sušině 91,5 %), obsahují nízký podíl sacharidů (30 %) a vysoký podíl vlákniny (přes 9 %). Obsah tuků se pohybuje kolem 20 % a jsou tvořeny mono nenasycenými mastnými kyselinami (4,4 %) a polynenasycenými mastnými kyselinami (11,3 %). Z mononenasycených mastných kyselin dominuje kyselina olejová, z polynenasycených pak kyselina linolová a α -linolenová. Využití bílkovin organismem, může být až z 68 %. Dominují zde esenciální mastné kyseliny (lysin, leucin, cystein, izoleucin, treonin, tryptofan, valin, fenylalanin a limitující methionin). Z vitamínů převažuje skupina B: foláty, B₁, B₂ a B₆, z minerálních látek pak disponuje vyšší obsah železa, draslíku, hořčíku, selenu a vápníku. V sóje lze nalézt také přírodní emulgátor lecitin a fytoestrogeny (Gabrovská a kol., 2015). Z bioaktivních látek jsou dostupné karotenoidy, lecitin, kefalín, fenolové kyseliny a isoflavony. Součástí sóji jsou také antinutriční látky, proto se musí tepelně zpracovávat. V bobech sóji se dále nachází goitrogenní látky, antivitaminy a tanniny, termostabilní antinutriční látky (kyselina fytová, purinové látky, estrogeny, oligosacharidy, losonoalanin) a izoinhibitory Bowmanova-Birkova typu (Bulková, 2011).

1.3.2 Výrobky ze sóji

Výrobky ze sóji zahrnují převážně mouku, sójové klíčky, koncentráty a izoláty sójových bílkovin. Dále se sója využívá pro výrobky nahrazující maso, pro přípravu nápojů nebo omáček. Sójová mouka se vyrábí v různých granulacích a v kombinaci s jinými moukami se většinou používá v množství 5-10 %. Na trhu lze najít mouku hladkou, odtučněnou, hrubou i celozrnnou. I přes její široké využití, jsou nevýhodou její alergenní účinky (Gabrovská a kol., 2015).

1.4 Kukuřice

Kukuřice setá pravá (*Zea mays subsp. mays*) je po rýži seté, druhou nejpěstovanější bezlepkovou obilninou a stejně tak jako rýže, spadá do čeledi lipnicovitých. Její domestikace proběhla již před 5600 lety a hlavními produkčními oblastmi jsou Spojené Státy Americké, Čína, Brazílie, Argentina a Indie. Známo je hned několik druhů kukuřice:

- cukrová (obsahující vyšší obsah sacharózy),
- pukancová (vyznačující se tužší slupkou),
- škrobnatá (s vyšším podílem amylozy),
- vosková (s vyšším obsahem amylopektinu).

Kromě výše uvedených druhů, existují také i kukuřice odlišných barev, a to pohybující se od klasické žluté přes odstíny červené až po fialovou (Gabrovská a kol., 2015; Nuss a kol., 2010).

Složení kukuřičného zrna se přibližuje složení rýže. Endosperm tvoří 82-83 % zrna, klíček 10-11 %, perikarp 5-6 % a epikarp 0,8-1 %. Sušina je zde zastoupena z 90 %, sacharidy se pohybují v rozmezí 75-80 %, bílkoviny jsou zastoupeny v rozmezí 9-10 % a obsah vlákniny je něco málo přes 7 % (zastoupeno hemicelulózou, celulózou a ligninem). Tuky se nacházejí v rozmezí 3,5-6 %, z nichž převažují nenasycené mastné kyseliny s průměrným množstvím 60 % kyseliny linolové, 24 % kyseliny olejové a 11 % kyseliny palmitové. Z minerálních látek jsou v největším zastoupení selen, draslík, železo a zinek. Z vitamínů dominují hlavně ty ze skupiny B (B₁, B₂ a B₃). Zrno kukuřice také obsahuje β-karoteny, karotenoidy, lutein a vitamin A. Značný podíl u kukuřice zaujímá také vitamin E. Díky zvýšenému množství podílu aminokyseliny tryptofanu a vitamínu niacinu, se nutriční hodnota i chuťový profil kukuřice zvyšuje kukuřice je i lépe stravitelnější (Gabrovská a kol., 2015; Nuss a kol., 2010; Singh a kol., 2011).

1.4.1 Výrobky z kukuřice

Zrna kukuřice jsou využívána různými způsoby. Hlavními produkty jsou škrob, lých, sirup, mouka a pukancová zrna. Zpracování na mouku a škrob, zde opět hraje roli při výrobě bezlepkového pečiva, neboť neobsahují lepek. Mouka z kukuřice má příjemně žlutou barvu a vyznačuje se delší dobou trvanlivosti. Při výrobě mouky je třeba zvolit vhodnou metodu mletí, aby nedocházelo k velkému poškození škrobových zrn (Prugar a kol., 2008, str. 145; Xue a kol., 2016). Kukuřičná mouka se může také různě upravovat a jednou z úprav, která si našla potenciální uplatnění je tzv. electron beam irradiation (zkratka EBI, převzato

z anglického slova), což je proces, při kterém se uplatňují vysoce energetické elektrony, které vedou k chemickým či morfologickým změnám jako jsou např. gelatinizace, množství zastoupení škrobu, velikost škrobových granulí aj. Právě gelatinizace škrobu jako hlavní složky kukuřičné mouky, se značně podílí na její změně viskozity. Při použití EBI bylo prokázáno, že při použití této metody došlo ke značnému poklesu množství celkového škrobu a hrubé vlákniny, kdežto vlhkost a množství redukujících cukrů se zvýšily. Ke zcukernění kukuřičné mouky se také používá enzymatická hydrolýza, která zahrnuje dva procesy, a to zkapalnění a zcukernění. Při zkapalnění se využívá teploty kolem 90 °C, a to z důvodu snížení nároků na spotřebu vody a elektřiny v průběhu gelatinizace škrobu a velmi vysoké viskozity v průběhu zkapalňovacího procesu. Při využití EBI se dosáhne daleko rychlejší degradace kukuřičného škrobu na jednodušší cukry, než je tomu u použití vysoké teploty. Tím se také dosáhne daleko menších změn, které by ovlivňovaly technologické zpracování kukuřičné mouky (např. poškození škrobových granulí). Při poškození škrobových granulí, jsou granule obklopovány rozštěpenými proteiny, což vede k ovlivnění kvality pozdější fermentace. Při použití EBI se však vyskytují i negativní změny, jako jsou změny v barvě a ve velikosti částic kukuřičné mouky. I přesto se využití EBI může uplatňovat k inhibici gelatinizace kukuřičné mouky, což může mít pozitivní vliv na enzymatickou hydrolýzu v průmyslu a formulaci potravin. Dále se kukuřice hojně využívá v oblasti genového inženýrství za účelem tvorby geneticky modifikovaných forem (Nuss a kol. 2010; Xue a kol., 2017).

1.5 Škroby

Škroby jsou v potravinářství využívány jako zahušťovadla nebo stabilizátory za účelem zlepšení struktury, textury a konzistence. Značným způsobem různě ovlivňují texturu, viskozitu, gelaci, adhezi, zadržování vlhkosti, homogenitu výrobku apod. Kromě využití do polévek, omáček, mléčných výrobků nebo produktů z masa, své uplatnění našly také v pečivářství a pekařství (Gani a kol., 2014). Při přípravě těsta jsou schopny pojmout až 45 % vody, a to v závislosti na jejich molekulové hmotnosti. Škroby jsou získávány z různých plodin, ať už z kukuřice, rýže sladkých brambor, pšenice, konzumních brambor, ječmene, pohanky manioku a mnoho dalších. Mezi méně typické škroby patří například škroby z banánu, černých fazolí, chlebovníku, kaštanů, faba fazolí, kudzu, lotusu, kořene taro, cizrny, mungo fazolí, čínských brambor a mnoho dalších. Jejich tvar, velikost, texturní vlastnosti a chemické složení, závisí na druhu rostliny a genetické interakci s prostředím (Horstmann a kol., 2017).

1.5.1 Struktura a chemické složení

Hlavní složkou škrobu jsou dva polymery D-glukózy, amyulóza a amylopektin. Zatímco amyulóza je složena z nerozvětvených řetězců glukózy spojených vazbou α -1,4 a tvoří 20-30 % škrobu, amylopektin je větvený, je složen z řetězců glukózy spojených vazbou α -1,4 a β -1,6 a tvoří 70-80 % škrobu. Obě dvě molekuly celkově tvoří kolem 98-99 % suché hmotnosti škrobu a jejich množství značně ovlivňuje stupeň gelatinizace. Zbylá procenta jsou zastoupeny proteiny, lipidy a minerálními látkami. I přesto, že se lipidy nebo proteiny nacházejí v minoritním množství, mohou značně ovlivňovat chování škrobu. Bylo např. prokázáno, že se lipidy podílejí na zvýšení stupně gelatinizace a při amyláza-lipidovém komplexu dochází ke zpomalení procesu retrogradace.

Orientační výčet průměrného chemického složení škrobů u vybraných druhů plodin, ze kterých se škrob získává, je uveden v tabulce č. 1 a č. 2.

Tab. 1: Chemické složení běžných škrobových plodin v % (Horstmann a kol., 2017).

Zdroj škrobu	Složení [%]					Velikost [μ m]
	Obsah škrobu	Vlhkost	Amyulóza	Proteiny	Lipidy	
Kukuřice	96,3	5,2	7,8	0,9	0,2	1,0-1,3
Brambory	93,4	14,6	20,9	0,1	0,2	15-100
Rýže	82,4	12,5	46,4	0,0	0,7	3,0-8,0
Amarant	96,2	5,2	7,8	0,9	0,2	1,0-1,3
Tapioka	95,2	13,7	36,0	0,0	-	5,0-35,0
Čirok	81-85	7,8-7,9	27,6-35,9	0,62-0,69	0,06-0,07	1,0-12,0
Pšenice	84,6	12,8	-	0,2	0,1	1,0-45

Tab. 2: Chemické složení netradičních škrobových plodin v % (Horstmann a kol., 2017).

Zdroj škrobu	Složení [%]					Velikost [μm]
	Obsah škrobu	Vlhkost	Amylóza	Proteiny	Lipidy	
Banán	98,1	9,9	9,1-17,2	0,87-1,08	-	6,0-80,0
Kaštany	96,1	-	21,5	0,83	1,51	
Fabba fazole	90,2 - 90,8	3,0-3,6	33,7-33,9	3,88-5,37	-	6,0-25,0
Cizrna	94,0	11,9	23,2-27,2	0,57	0,1	9,0-31,0
Kudzu	98,6	12,4	22,91	0,58	-	24,08
Taro	98,9 - 99,0	7,8-7,9	27,6-35,9	0,62-0,69	0,06-0,07	1,0-12,0
Lotus	99,2	15,3	30,61	0,16	-	50,3

Při izolaci škrobu je důležité dbát na to, aby stupeň poškozených granulí byl co nejmenší. Stupeň poškození závisí na zdroji, ze kterého se získává a také na kvalitě a postupu technologického zpracování během mlecích procesů. Poškozené granule mají pak odlišný tvar, velikost a texturu, které výrazně ovlivňují reologické vlastnosti. Dezintegrované škrobové granule jsou více hydroskopické a snadno podléhají enzymatickému rozkladu. Enzymy nacházející se ve škrobu, jsou důležité z hlediska zpomalení tzv. stárnutí pečiva. Další vliv enzymů se projevuje při fermentaci těsta, kde vzniklé redukující cukry (maltóza) slouží jako substrát pro kvasinky, díky nimž dochází ke tvorbě oxidu uhličitého a alkoholu (Horstman a kol., 2017).

Nejčastější podobou jsou nativní škroby, avšak čím dál více se uplatňují různě modifikované škroby, díky čemuž jsou pozměněny fyzikální a chemické vlastnosti nativních škrobů a to z důvodu, že nativní škroby často nemají požadované parametry. Modifikace může být probíhat pomocí esterifikace, etherifikace nebo oxidace. U bezlepkového pečiva hrají důležitou roli, neboť jsou schopny určitou mírou formovat matrix těsta a jsou schopny zachycovat uvolněné bubliny plynu (Horstmann, 2017; Giraldo-Gómez a kol, 2019). Modifikace je většinou prováděna fyzikálními, chemickými nebo enzymatickými procesy. Jedním z fyzikálních procesů je iradiace zahrnující přímé vystavení produktů elektronům nebo elektromagnetickým paprskům, které vedou k dlouhodobější ochraně, zajištění bezpečnosti a kvalitě škrobů. Bylo také prokázáno, že modifikací škrobů pomocí iradiace, se dosáhne daleko lepší vazby vody, než se běžně dosahuje za použití vysoké teploty a docílí

se také poklesu poškozených řetězců uvnitř vodíkových vazeb. Iradiace také vede ke snížení tzv. swelling index neboli indexu bobtnavosti, což by mohlo být naopak využíváno ke zlepšení textury při vaření (Gani a kol., 2014). Byly zkoušeny různé varianty modifikace nativních škrobů za použití vysoce amyložního kukuřičného škrobu (zkratka HACS-high amylose corn starch), acetylovaného adipátu škrobu (ACS-acetylated corn starch) a chemicky modifikovaného škrobu (HDP-hydroxypropyl distarch phosphate a ADA-acetylated distarch adipate). Jako nejúčinnější se jevil škrob modifikovaný za pomoci HDP a ADA, díky nimž se docílilo zvýšení objemu bezlepkového pečiva, snížení tvrdosti kůrky a snížení žvýkavosti. Těchto změn bylo docíleno již při použití 10 nebo 15 % škrobu modifikovaného HDP a ADA Chuťový profil výsledných produktů nebyl pozměněn (Ziobro a kol., 2012).

Kromě reologických vlastností škrobů, se také hodnotí jeho stravitelnost, která je ovlivněna kompozičními a morfologickými vlastnostmi a na míře přístupnosti enzymů ke škrobu. Enzymy, které hrají důležitou roli při štěpení škrobu, jsou glykosidázy, které se běžně nacházejí ve slinách a v sekretech slinivky břišní a střevní sliznice. Jsou však omezené pouze na štěpení α -glykosidických vazeb. Rozlišují se rychle stravitelné, pomalu stravitelné a rezistentní škroby. Škroby s vyšším obsahem amylopektinu jsou rychleji stravitelné, než ty s obsahem nižším. Nižší stravitelnost amyλόzy je dána řetězcí glukózy, které jsou navzájem pevněji spojeny vodíkovými vazbami. Zhodnocení stravitelnosti je obzvláště důležité při výrobě bezlepkového pečiva, kde škroby tvoří majoritní část složení produktu (Horstmann a kol., 2017).

1.5.2 Bramborový škrob

Bramborový škrob je získáván z konzumních brambor (*Solanum tuberosum*), kde se průměrný obsah škrobu pohybuje v rozmezí 65-80 % a při výrobě se vysouší na 17–18% vlhkost. Je typický pro velikost škrobových granulí, která je o mnoho větší, než je tomu u granul jiných škrobů. Dokáže reagovat s různými hydrokoloidy a tím ovlivnit stupeň gelovatění (Hager a kol., 2012). Používá se, jak modifikovaná verze bramborového škrobu, tak i nativní. U nemedifikované verze je teplota gelovatění relativně nízká a viskozita naopak vysoká. Při zahřívání nebo míchání však dochází k rozrušení granul. Dvě důležité složky (amylóza a amylopektin), předurčují, který škrob bude pro dané technologické zpracování nejvhodnější (Ratnayake a kol., 2003).

1.5.3 Kukuřičný škrob

Využití kukuřičného škrobu pro výrobu bezlepkového pečiva, má vhodné uplatnění převážně v kombinaci s hydrokoloidy jako je hydroxypropyl methylcelulóza (HPMC), díky čemuž se docílí vytvoření vhodné matricové sítě, kde HPMC dokáže stabilizovat vzduchové bubliny a tím konečný výrobek docílí lepšího objemu. Výhodou tohoto škrobu je také dobrá skladovatelnost a rozsah využití. Výroba se liší od ostatních škrobů tím, že při výrobě se používá celé zrno kukuřice, které se nejprve několik hodin předmáčí a až následně zpracovává, a to až po finální extrakci škrobu (Schober a kol., 2008).

1.5.4 Rýžový škrob

Při výrobě bezlepkového pečiva, si své uplatnění nachází také rýžový škrob. Nejenže se jedná o hypoalergenní surovinu, ale má také vhodné technologické vlastnosti. Pro výrobu rýžového škrobu se používá bílá, minoritně ale také černá nebo fialová rýže. Velikost škrobových granulí je velmi malá a jejich tvar je polyhedrální. Izolace škrobu probíhá louhováním rozdrcených zrn rýže v hydroxidu sodném, a to po dobu kolem 12 h. Následně se provede odstranění buněčných stěn a extrakce proteinů. Poté dochází k purifikaci s následnou centrifugací a usušením. Mechanické vlastnosti škrobu závisí na množství krátkých a dlouhých řetězcích amylozy, které ovlivňují např. teplotu gelovatění nebo viskozitu škrobového roztoku. Využití rýžového škrobu pro výrobu pečiva, bývá nejčastější v kombinaci s kukuřičným, bramborovým nebo tapiokovým škrobem. (Hager a kol., 2012; Mun a kol., 2018; Ratnayake a kol., 2003).

1.5.5 Tapiokový škrob

Tapiokový škrob je získáván z oddenků hlíz vytrvalostního keře manioku. Maniok jedlý (*Manihot esculenta*) je známý pod názvem cassava, yuca nebo tapioka. Jedná se o tropickou kulturní rostlinu patřící do čeledi pryšcovitých (*Euphorbiaceae*), vyšších dvouděložných rostlin. Maniok pochází z Ameriky a je zahrnován mezi klíčové okopaniny. Dominuje poměrně vysokým obsahem škrobu (kolem 30 %) a je důležitou plodinou hlavně v tropických oblastech. Nevýhodou je nízká trvanlivost hlíz, proto musí být hlízy rychle zpracovány. Škrob je však z manioku velmi dobře izolovatelný a vyznačuje se dobrými funkčními vlastnostmi, jako jsou vysoká čistota a viskozita, nízký stupeň gelovatění a nízká tendence retrogradace (Palavecino a kol., 2019). Při výrobě pečiva si získal vysoké své postavení modifikovaný tapiokový škrob. Díky jeho modifikaci jsou zajištěny expanzní vlastnosti těsta při pečení nebo smažení, přičemž stupeň expanze závisí dle způsobu

technologické výroby produktu a množství použitého škrobu. Bezlepkové pečivo se tak při optimálně zvoleném poměru použitého tapiokového škrobu, texturově velmi podobá struktuře běžného pečiva. U Witzack a kol. (2016) byl vytvořen seznam zahrnující popis vlastností různých druhů pečiva po přidavků jednotlivých škrobů nebo jejich směsi. Bylo popsáno, že při použití pregelatinizovaného tapiokového škrobu v kombinaci s transglutaminázou, se docílilo zvýšení objemu pečiva, měkčí kůrky a lepší žvýkatelnosti. Tapiokový škrob byl také testován v kombinaci s odtučněnou moukou zvanou Marama, která se získává z rostliny *Tylosema esculentum*. Jedná se o velmi tolerantní olejnatou luštěninu a mouka z marany disponuje poměrně vhodným nutričním složením jako je vysoký obsah bílkovin a vlákniny. Tyto vlastnosti předurčují (v kombinaci se škroby), velmi vhodné funkční vlastnosti těsta, přibližující se těstu pšeničnému. Je docíleno lepší pružnosti a elasticity (Nyembwe a kol., 2018). Zajímavostí také je, že maniok (čerstvé kořeny a listy) obsahují dva kyanogenní glykosidy, a to linamarin a lotaustralin, které mohou být v určitém množství toxické, avšak dostatečnou tepelnou úpravou, je jejich obsah zanedbatelný (Internetový portál bezpečnosti potravin, 2018).

1.6 Hydrokoloidy

Využití hydrokoloidů si našlo při výrobě pečiva své postavení. Jedná se o různé přírodní látky, které jsou schopny výrazně ovlivnit reologické vlastnosti těsta a zlepšit sensorický profil výrobku. Molekuly dlouhých lipofilních řetězců o vysoké molekulové hmotnosti nacházející se ve struktuře některých hydrokoloidů, jsou zodpovědné za jejich koloidní vlastnosti. Mají schopnost stabilizovat produkt, ovlivnit texturní vlastnosti tím, že dobře váží vodu, podílet se na zvýšení specifického objemu nebo na výsledné pevnosti pečiva. Při zmrazování těst nebo předpečeného pečiva, se mohou hydrokoloidy použít pro snížení stupně poškození textury, avšak tohoto procesu se spíše využívá u pečiva obsahující lepek, kde hydrokoloidy zamezují poškození lepkotvorných bílkovin. Bylo prokázáno, že na značném zlepšení struktury těsta, se více podílí použití směsi daných hydrokoloidů, než by tomu bylo za použití pouze jednoho druhu (Ziobro, 2012). Hydrokoloidy jsou také používány jako tzv. proti tvrdnoucí látky, kdy se při jejich použití docílí delší trvanlivosti daného pečiva a to díky zvýšené schopnosti zadržování vody v průběhu skladování. Mezi nejčastěji využívané látky patří:

- xantanová guma,
- hydroxypropylmetyl celulóza (zkratka HPMC),
- guarová guma,

- karboxymetyl celulóza (zkratka CMC).

Dále se také prováděly výzkumy za použití dalších hydrokoloidů, jako jsou: alginát sodný, κ -karagenan a lokusová guma (Ferrero, 2017).

1.6.1 Guarová guma

Guarová guma je získávána jako „mouka“, a to ze semen luštěniny *Cymopsis tetragonoloba* (*Fabaceae*, bobovité) a patří mezi nejvýznamnější reprezentanty galaktomanů, zásobních polysacharidů). Guarová guma je dobře rozpustná ve vodě a tvoří silně viskózní roztoky, které jsou stabilní v rozmezí pH 4-10. Hlavní řetězce jsou tvořeny jednotkami D-manózy spojených navzájem vazbou β -(1 \rightarrow 4). Guarová guma se používá jako zahušťovadlo, modifikátor a stabilizátor (Velíšek Jan, 1999).

1.6.2 Xanthan

Xanthan je produkován bakteriemi rodu *Xanthomonas* (nejčastěji při průmyslovém zpracování rod *X. campestris*). Jeho řetězce jsou tvořeny glukózovými jednotkami spojených vazbou β -D-(1 \rightarrow 4) a postranní řetězce jsou tvořeny zbytky D-manózy a zbytkem D-glukuronové kyseliny. Xanthan je dobře rozpustný ve vodě a jeho disperze jsou stabilní v kyselém i alkalickém prostředí a při zvýšené teplotě do 80 °C. Samotný xanthan nevytváří gel, proto je nutné jej skombinovat s dalšími polysacharidy jako jsou např. galaktomanany (lokusovou gumou) nebo glukomannay (konjakovou gumou) nebo κ -karagenaem (Velíšek Jan, 1999).

1.6.3 Hydroxymetylcelulóza a karboxymetylcelulóza

Celulóza patří mezi nejrozšířenější organickou hmotu, která je základní složkou (polysacharidem) buněčných stěn vyšších rostlin. Struktura je tvořena jednotkami D-glukózy spojených glykosidickými vazbami β -(1 \rightarrow 4). V potravinářství se využívají její modifikované verze, kam patří deriváty jako hydroxymetylcelulóza, metylcelulóza a karboxymetylcelulóza (Velíšek, 1999, str. 219-223). Tyto deriváty se používají jako zahušťovadla, stabilizátory a solubilizátory. Při použití pro pekařské účely (přímá metoda nebo parciální pečení zahrnující kombinaci předpečení a zmrazení), se podílejí na snížení stupně tvrdosti výsledného pečiva. Modifikované verze také ovlivňují specifický objem těsta a finálního výrobku, přičemž jednotlivé změny závisí na koncentraci, struktuře a přítomnosti solí použitých jednotlivých modifikovaných verzích (Ferrero, 2017; Correa a kol., 2010).

Využití a vlastnosti jednotlivých látek závisí na jejich chemické struktuře a v jaké koncentraci jsou při výrobě pečiva použity. Při nadměrné koncentraci mohou reologické vlastnosti těsta dokonce zhoršit. Metycelulóza je společně s arabskou gumou využívána v bezlepkovém pečivu jako náhrada za lepek. Xanthan společně s pektinem zvyšují stabilitu při vaření a κ -karagenan je spojován se změnami amyláza-lipidového komplexu. V jedné ze zkoumaných studií bylo též prokázáno, že největší retenci vody má HPMC a alginát při koncentraci 0,5 %, což se následně pozitivně promítá do čerstvosti produktu. Opakem byl xanthan, který vedl k daleko tvrdší textuře výrobku, přičemž razantní změny byly pozorovány již po 24 hodinách. HPMC zase dokáže zajistit zadržování plynu a v důsledku toho přispívá na objemu těsta a výrobku. Velmi se osvědčily i kombinace hydrokoloidů či gum s vlákninou psyllium, které se podílejí na zlepšení reologických vlastností a struktuře těsta (Guarda, 2004).

2 NETRADIČNÍ (MARGINÁLNÍ) BEZLEPKOVÉ SUROVINY

V současné době se při výrobě bezlepkového pečiva, dostávají do popředí i méně tradiční bezlepkové suroviny. Výrobci se neustále snaží inovovat stávající receptury a technologické postupy, aby se mohl rozšířit sortiment nabízených výrobků, který bude pro konečného spotřebitele zajímavý nejen svým vzhledem, ale hlavně také nutričním složením a lepšími sensorickými vlastnostmi. Mnohé z marginálních surovin nejsou tak pěstebně náročné a jejich produkce nabývá rozmachu.

Do netradičních (marginálních) surovin, lze zahrnout různé mouky pocházející z plodů různých stromů, bylinných keřů, mouky z různých semen ořechů nebo luštěnin. Dále pak lze zahrnout různá zahušťovadla a stabilizátory anebo alternativy místo surovin živočišného původu.

2.1 Netradiční druhy mouk

V současné době se na trhu vyskytuje řada netradičních druhů mouk, které jsou v minoritním podíle používány na výrobu určitých druhů pečiva. Jednotlivé mouky se vyznačují odlišným složením a technologickými vlastnostmi. Většina z nich smí být jako náhrada za určitý podíl mouky, použita jen v omezeném množství, neboť by nadměrná konzumace mohla způsobit vedlejší zdravotní účinky. Mezi atypické (marginální) druhy mouk lze zahrnout např.:

- mouky z exotických druhů ovoce,
- mouky ze semen, ořechů a plodů stromů,
- mouky z hlíz,
- mouky z luskovin,
- mouky z bylinných keřů a dalších rostlin.

2.1.1 Exotické druhy mouk

K moukám z exotických druhů ovoce nebo ořechů lze např. zahrnout kokosovou nebo banánovou mouku. Vyznačují se vyšším obsahem škrobu a příjemným chuťovým aroma. Banánová mouka se získává různými procesy a jedním z nich je i extruzní technologie, kde vstupní surovinou jsou především zelené nezralé banány, které obsahují zhruba 70-80 % škrobu z celkové sušiny. Extruzní procesy se výrazně podílejí na fyzikálních vlastnostech suroviny, jako jsou velikost a tvar škrobových granulí, změna barvy, teplota gelovatění vlhkost a rozpustnost. Výběr banánové mouky se také odvíjí dle stupně zralosti vstupní suroviny, díky čemuž lze technologicky vyrobit mouku o požadovaných vlastnostech.

Mouky z banánu mají také příznivé nutriční složení, kde lze zmínit vyšší podíl vlákniny a minerálního prvku draslíku. Vysoký obsah rezistentního škrobu pak slouží podobně jako vláknina. I přesto, že je mouka získávána z banánů, je její chuť neutrální a má široké využití (Campuzano a kol. 2018; Giraldo-Gómez a kol., 2019).

Stejně tak i kokosová mouka má mnoho funkčních a nutričních vlastností. Je bohatá na obsah minerálních látek (hlavně železo) a vyšší obsah nestravitelné vlákniny. Vzhledem k nižšímu glykemickému indexu je vhodná i pro lidi trpící diabetem. Výroba kokosové mouky je navíc ekonomicky výhodnější, neboť je vyráběna ze „zbytků“ po získávání kokosového mléka. Využití této mouky je typické hlavně pro sladké varianty pečiva. Proto byl v práci otestován i její přídavek do receptury pro výrobu pečiva slaného. Mouka disponuje vyšším podílem vlákniny a podobně jako rýžová mouka, je třeba mouku při použití dostatečně hydratovat. Má jemně mléčnou barvu, sladké aroma a chuť (Amini Khoozani a kol., 2020, Trinidad a kol., 2006).

2.1.2 Ořechové mouky, mouky ze semen a jiné plodové mouky

Mezi ořechové mouky a mouky z různých druhů olejnatých semen lze zařadit mouku mandlovou, z vlašských, para nebo kešu ořechů, mouku kokosovou, dýňovou, lněnou, mouku z tygřích ořechů, mouku kaštanovou a mnoho dalších. Mouky z ořechů jsou vhodným zdrojem kvalitních tuků. Například mouka z tygřích ořechů (*Cyperus esculentus*) obsahuje 23-31 g/100g tuků s mastnými kyselinami, což je množství srovnatelné jako u olivového nebo ořechového oleje. Také množství vlákniny je vyšší, a to zhruba 8-15 g/100 g, díky čemuž přídavek vlákniny do těsta, přispívá k navýšení specifického objemu pečiva. Docela vhodně se osvědčilo využití mouky z tygřích ořechů v kombinaci s cizrnovou moukou (Aguilar a kol. 2015).

2.1.3 Mouky z luštěnin

Mezi marginální luštěninové mouky pak patří mouky z červené, hnědé či černé čočky, mouka z fazolu červeného, mouka z mungo fazolí, mouka hrachová (ze žlutého či zeleného hrachu), sójová nebo cizrnová, mouka z bobu vlčího a mnohé další. Vyskytují se v různých granulacích, přičemž k výrobě pečiva je vhodné použít mouky o granulaci co nejjemnější. Uplatnění má také karobová mouka (mouka z rohovníku obecného *Ceratonia siliqua*), která se díky vysokému obsahu vlákniny používá o nutriční obohacení bezlepkového pečiva. Mouky z luštěnin disponují dále vysokým obsahem bílkovin, vitamínu a minerálních látek (Gabrovská a kol., 2015).

2.1.4 Netradiční traviny a bylinné mouky

Dalšími netradičními moukami jsou např. jáhlová mouka ze semen prosa setého (*Panicum miliaceum*), mouka z čiroku (*Sorghum*), z teffu neboli miličky habešské (*Eragrostis tef*, syn.: *Eragrostis abyssinica* (Jacq.) Link.), z béru vlašského (*Setaria Italica* (L.) Beauv), z merlíku čilského neboli quinoi (*Chenopodium quinoa*), kurakkanová mouka z kalužnice křivoklasé (*Eulalia coracana* L.), mouka z konopí (*Cannabis sativa* subsp. *sativa*) a mnoho dalších (Korus a kol., 2017; Martínez a kol., 2014).

V případě konopí, se jedná o dvoudomou bylinu, která je výborným zdrojem bílkovin a slouží jako strukturní agens v bezlepkovém pečivu, které je tvořeno hlavně škrobem. Stoprocentní konopná mouka se vyrábí semletím výlisků konopných semínek, které se lisují za studena. Oproti ostatním moukám, je v případě tohoto druhu extrémně vysoký obsah vlákniny, který může být až 47 g/100 g. Vysokým obsahem disponují také bílkoviny (30 g/100 g). Naopak obsah sacharidů je velmi nízký (pouhých 1,4 g/100g). Mouka je vhodná na slané i sladké pečení. Doporučené množství je 5 % z celkového objemu použitých ingrediencí. Její použití je převážně z nutričního hlediska pro obohacení pečiva. Při přidavku do pečiva také zvyšuje jeho obsah vlákniny, mění barevný vzhled pečiva a podílí se na zvýšení objemu. Dochází i ke změnám v chuťovém profilu pečiva, které se stává po sensorické stránce přijatelnějším (Adveni Medical s.r.o., 2020; Korus a kol., 2017; Martínez a kol., 2014).

Mezi další netradiční mouky lze zařadit mouku jáhlovou a čirokovou. Jáhlová mouka se získává mletím oloupaných semen prosa setého (*Panicum miliaceum*). Proso se nutričním složením velmi přibližuje běžným cereáliím. Obsahuje vysoký podíl kvalitních bílkovin, lipidů, minerálních látek, vitamínů, vlákniny a polyfenolů. Jáhlová mouka se tak tímto stala vhodnou surovinou pro výrobu bezlepkového pečiva. Její využití je především v kombinaci s jinými druhy mouk, případně byly testovány přídavky různých enzymů či proteinů, na vlastnosti těsta (Tomíč a kol., 2020). Čiroková mouka se vyznačuje výbornými pekařskými vlastnostmi a často bývá nazývána jako pšenice celiaků. Čirok se vyznačuje vysokým podílem bílkovin, které se přibližují kvalitě bílkovin živočišných. Bohaté je zde také zastoupení antioxidantů, minerálních látek a vitamínů skupiny B. Čiroková mouka má všestranné využití (slané a sladké pečení, zahušťování a příprava různých chlebových placek), (Adveni Medical, s.r.o).

Za zmínku také stojí mouka z kalužnice vyskytující se v mnoha druzích (křivoklasá, indická, africká a další). Jedná se o obilovinu spadající mezi prosa. Vyznačuje se vysokým obsahem

vlákniny, až třikrát větším množstvím bílkovin, než je tomu u mouky rýžové a také vyšším obsahem tuků a minerálních látek (Gul a kol. 2015). Je vhodná jak na slané, tak i sladké pečení. Většina z těchto druhů mouk však nejsou ve velkém množství pro výrobu bezlepkového pečiva využívány, neboť se jedná o nákladnou vstupní surovinu. Po většinu slouží v minoritním množství pouze k nutričnímu obohacení pečiva nebo pro pozměnění sensorických vlastností (Aguilar a kol., 2015).

2.1.5 Mouky z černé a červené rýže

K výrobě mouky z černé rýže, se využívá druh rýže seté *Oryza sativa L.* a u mouky z rýže červené, druh rýže seté *Oryza longistaminata*. Odlišnost těchto druhů rýže je právě v odlišné barvě obalových vrstev a v nutričním složení. Černá i červená rýže se vyznačují vysokým podílem proteinů a vhodným aminokyselinovým zastoupením. Tyto druhy rýže jsou bohaté na vitaminy, minerální látky a fenolické sloučeniny. Červená rýže je typická nejen pro svoji barvu, ale také pro svoji lehce oříškovou chuť. Pro výrobu bezlepkového pečiva se využívají nejen pro nutriční a sensorické zlepšení finálních výrobků. Vlivem vyššího obsahu fenolických sloučenin, jsou také ovlivněny i funkční vlastnosti těsta jako např. lepivost nebo schopnost vazby vody. Ve srovnání černé a červené rýže, se černá podílí na nižší finální viskozitě těsta, než červená a zapříčiňuje také větší tvrdost pečiva. Byl také zkoumán přídavek transglutaminázy v kombinaci s danými druhy rýže, který stimuloval glutenovou síť. Přídavek enzymu, se však na zásadní změně specifického objemu, neprojevil. Důvodem byly reakce s antokyany nebo proantokyanidiny (Lang a kol., 2020; Prasad a kol., 2019; Torbica a kol., 2010).

2.2 Netradiční druhy škrobů

Jak už bylo uvedeno v kapitole 1 (Suroviny používané při výrobě pečiva), jsou škroby z hlediska svých funkčních vlastností, nedílnou součástí bezlepkového pečiva. Běžné škroby tvoří zhruba 60-90 % z recepturního množství použitých surovin. Netradiční druhy škrobů však tvoří menší podíl a jejich využití spočívá spíše pro inovaci receptury a podpoře technologického zpracování a reologických vlastností těst. Při výrobě bezlepkového pečiva jsou škroby velmi často ve spojení s hydrokoloidy, kdy se v této kombinaci docílí lepších výsledků. Mezi netradiční/marginální škroby lze zahrnout např.:

- banánový škrob,
- fazolový škrob,
- Sago škrob (škrob izolovaný z cykasu japonského)

- širokový škrob.

Dále se vyskytují např. škroby ze sladkých brambor, kudzu škrob (škrob izolovaný z japonského vinného kmene) nebo arrowroot (škrob z manty třtinové), (Zhang a kol., 2017).

2.2.1 Banánový škrob

Vlastnosti daných škrobů se mohou výrazně lišit a závisí na jejich původu. Aby bylo připraveno těsto s požadovanými mechanickými vlastnostmi, je nutné použít škroby za přítomnosti rozpustných polysacharidů nebo proteinů, kdy dochází mezi jednotlivými složky k interakci a k vytvoření přijatelné matrix. Velmi často se také používají různé kombinace škrobů, aby se i tímto způsobem lépe docílilo zlepšení textury, sensorických vlastností a také nutričních hodnot (Reddy a kol., 2017; Zhang a kol., 2017). Z nutričního hlediska je přijatelnější škrob ze zelených banánů, neboť obsahuje větší množství rezistentního škrobu, který působí stejně jako nestravitelná vláknina. Jeho množství činí v zelených banánech zhruba 36 % a vyznačuje se vyšším podílem amylózy, než je tomu např. v bramborovém, kukuřičném nebo pšeničném škrobu. Jeho funkční vlastnosti jako rozpustnost, bobtnavost nebo gelatinizace, jsou dány stupněm zralosti. Modifikace banánového škrobu je při výrobě pečiva, vhodnější. Znám je např. acetylovaný, hydroxypropylovaný, fosforylovaný nebo fosfatovaný banánový škrob. Acetylovaný škrob disponuje lepší tendencí zadržování vody, lepší rozpustností, bobtnavostí a má také nižší sklon k retrogradaci. Hydroxypropylovaný nebo fosforylovaný škrob se pak vyznačují značným poklesem iniciační teploty nutné k počátku gelatinizace (Zhang a kol., 2005).

2.2.2 Fazolový škrob

Stejně tak jako předchozí škroby, se dobrými funkčními vlastnostmi, vyznačuje také modifikovaný fazolový škrob. Modifikace může v tomto případě probíhat pomocí autoklávování fazolů, ze kterých se následně škrob izoluje. I přesto, že byl ve výsledku zjištěn nižší specifický objem finálních výrobků, tak na druhé straně výrobek disponoval měkčí kůrkou a vyšší elasticitou. Zároveň byla u škrobu zjištěna vyšší interakce s proteiny, což značně ovlivňovalo lepivost těsta. (Krupa a kol., 2010).

2.2.3 Sago škrob

Sago škrob se získává z kmene palmy Sago (*Metroxylon* spp.), kde je ve velké míře uložen. Z jedné palmy, která dorůstá 6 až 14 m, lze získat 150-300 kg škrobu. Škrobové granule jsou poměrně velké (10-50 μm) a vyznačují se hladkým povrchem. Funkční vlastnosti škrobu

mohou také záviset dle části kmene, ze kterého byl škrob získán. U Achudan a kol. (2020) bylo uvedeno, že např. škrob získaný ze spodní části kmene, vyznačoval větší schopností bobtnat, než tomu bylo u škrobu izolovaného z horní kmenové části palmy.

2.2.4 Čirokový škrob

Podobně jako u ostatních škrobů, se i v případě čirokového, používá jeho modifikovaná verze (chemicky nebo termicky). Funkční vlastnosti škrobu však závisí i na druhu čiroku, ze kterého je škrob získáván a na procesu modifikace, kde v některých případech může modifikace spíše funkční vlastnosti snížit. I když se jedná o marginální surovinu, čirok disponuje zhruba 70% obsahem škrobu. Modifikací se může docílit vyšší absorpce vody nebo ke změně procesu gelace (Palavecino a kol., 2019).

2.3 Rostlinné proteiny

Využití rostlinných surovin jako alternativa k těm živočišným, si čím dál více nachází uplatnění. Zvýšený zájem o rostlinné suroviny je dán i zvýšenou pozorností týkající se udržitelnosti nebo zdravotního stavu vycházející ze strany, jak potravinářského průmyslu, tak i ze strany spotřebitelů. Rostlinné proteiny se vyznačují řadou funkčních vlastností, jako jsou tvorba pěny a emulzí, rozpustnost a gelovatění a zadržování vody nebo tuků. Nejvíce jsou získávány proteinové izoláty z luštěnin. Mezi využívané proteiny patří např.:

- čočkový protein,
- hrachový protein,
- fazolový protein,
- sójový protein,
- protein z cizrnaj.

2.3.1 Hrachový, fazolový a čočkový protein

Hrachový a fazolový protein se vyznačují svými funkčními vlastnostmi (fyzikální a chemické), které ovlivňují chování proteinů v dané potravíně během zpracování, skladování, přípravě a konzumaci. Do výrobků či pokrmů jsou přidávány za účelem zvýšení nutriční hodnoty nebo k zajištění požadovaných funkčních vlastností (emulgační, pěnotvorné nebo gelační vlastnosti, zadržování vody a tuků). Zdrojem proteinů mohou být různé druhy fazolí a hrachu. U hrachu se jedná především o hrách zelený, u fazolí se může jednat o fazole černé, červené. Ve srovnání s fazolovým nebo hrachovým proteinem, se čočkový vyznačuje

vyšším podílem bílkovin a také lepší stravitelností. (Azuki), faba fazole, mungo aj. (Boye a kol., 2010).

2.3.2 Sójový protein

Sójový protein získává z bobů sóji luštinaté (*Glycine max*) vyskytují se v mnoha odrůdách. Sója luštinatá je komerční plodina využívaná převážně na výrobu olejů a proteinových izolátů. Proteinové izoláty ze sóji se velmi často používají pro nutriční a funkční obohacení potravin. Mezi funkční vlastnosti proteinů patří např. pěnotvornost, emulgační schopnosti, gelace, zadržování vody, viskozita aj. Mezi dva hlavní zásobní proteiny patří β -conglycinin a glycinin a značným způsobem mohou sloužit jako tzv. strukturní složky v bezlepkovém pečivu. Použití sóji je však limitováno jejími alergenními účinky (Espinosa-Ramírez a kol., 2018).

2.3.3 Protein z cizrny (Aquafaba)

Aquafaba slouží jako kvalitní náhrada za vaječné bílky a žloutky. Jedná se o vyšlehaný nálev z cizrny, který je právě díky vysokému obsahu bílkovin, velmi dobře šlehatelný. Název si získala z latinského *aqua* (voda) a *faba* (fazole). V současné době se aquafaba využívá především pro přípravu dezertů, ale své uplatnění nachází i pro sladké, tak i pro slané varianty pečiva, na přípravu dezertů nebo dokonce na přípravu majonézy. Mezi funkční vlastnosti patří právě tvorba pěny a emulzí, které jsou závislé na změny pH a obsahu koncentrace NaCl. Jednotlivé výkyvy mohou značně ovlivnit stabilitu aquafaby. Při porovnání stability proteinů aquafaby vs proteiny vaječného bílku, bylo prokázáno, že proteiny vajec jsou na změny koncentrace NaCl, náchylnější. Naopak tomu bylo při změnách pH, kde byly ke změnám náchylnější proteiny aquafaby. Jednotlivé změny se však odvíjí i dle toho, jakým způsobem byly proteiny získány. I když, jsou proteiny z cizrny na určité výkyvy prostředí méně náchylné a stabilita či tvorba emulzí jsou v některých případech totožná s vaječnými bílky, jsou výrobky za použití aquafaby méně pružné a soudružné. Také je třeba klást pozornost i na negativní účinky, kdy fenolické sloučeniny a saponiny pocházející z aquafaby nebo luštěninových odvarů, mohou interagovat s proteiny a tím tak ovlivnit jejich funkční a sensorické vlastnosti. Využití proteinů z cizrny (Buhl a kol., 2019).

2.4 Vlákny

Nejen z hlediska nutričního složení se vlákniny přidávají do receptur bezlepkového pečiva. Velký význam mají vlákniny také z hlediska zlepšení texturních vlastností. Přídavek

různých druhů vláknin se projevuje změnou v reologických a sensorických vlastnostech. Mezi marginální vlákniny patří např. psyllium (jitrocel indický), bambusová vláknina, jablečná. Mezi méně známé pak dále patří např. vláknina z řepy cukrovky. Jednotlivé vlákniny se vyznačují různou granulací a různými funkčními vlastnostmi. Je třeba také dbát pozornosti na použité množství. I když přídavek vlákniny způsobuje větší vazbu vody, čímž se pak očekává vláčnější střída pečiva, v nadměrném množství může vláknina způsobit i to, že finální výrobek bude velmi tuhý a specifický objem menší. Je proto nutné zvolit optimálního poměru vlákniny a vody (Fratelli a kol., 2018).

2.4.1 Psyllium, jablečná a bambusová vláknina

Psyllium nebo také vláknina ze slupek semen jitrocele indického (*Plantago ovata*), se využívá jednak jako surovina k nutričnímu obohacení bezlepkového pečiva, ale a také jako surovina pro navýšení objemu. Jedná se o bioaktivní polysacharid ze skupiny arabinoxylanů. Psyllium podporuje lepší peristaltiku střev, udržování krevního cukru v krvi a reguluje množství cholesterolu v krvi. Při pečení bezlepkového pečiva, vede přídavek psyllia do receptury, ke zlepšení vzhledu finálního výrobku, zlepšuje sensorickou přijatelnost a zajišťuje měkkost pečiva. Při použití psyllia je důležité zvolit vhodný poměr vody, aby bylo docíleno optimálního objemu pečiva (Fratelli a kol., 2018).

Ve srovnání jablečné vlákniny a té z řepy cukrovky, má jablečná lepší gelační schopnosti a to z důvodu obsahu jablečného pektinu. Také se jablečná vláknina podílí na lepším objemu pečiva, schopnosti snížit tvrdost střídy a na nižší žvýkatelnosti. Pečivu dodá příjemnou barvu a příjemně nasládlé aroma (Djordjević a kol., 2019).

Využití bambusové vlákniny v recepturách bezlepkového pečiva není až tak běžné, přesto proběhla už řada studií zkoumající její funkční a sensorické vlastnosti, které se odvíjí dle druhu bambusu. Většinou se používají mladé druhy bambusů (*B. tuldoides* nebo *B. vulgaris*), kde se vyskytuje až 60g/100 g vlákniny, která je tvořena převážně celulórou, hemicelulórou a ligninem. Jsou však i druhy, které mají až 97g/100g vlákniny. Bambusová vláknina má poměrně vhodné funkční vlastnosti (např. zadržování vody nebo bobtnavost, které jsou však nižší než u jablečné vlákniny), (Felisberto a kol., 2017; Rosell a kol., 2009; Silva a kol., 2020). Při porovnání jednotlivých vzorků za použití různých druhů vláknin, bylo však potvrzeno, že lepší reologické vlastnosti a výsledný specifický objem, je docílen za použití rozpustných druhů vlákniny (Martínez a kol., 2014).

3 NEDOSTATKY BEZLEPKOVÉHO PEČIVA

Výroba bezlepkového pečiva je z technologického hlediska daleko obtížnější, než je tomu u pečiva běžného. Absencí lepkových bílkovin, není zajištěna tvorba viskoelastické strukturní sítě, která je tvořena právě danými bílkoviny. U běžného pečiva tuto vlastnost zajišťuje lepek, proto se při výrobě pečiva bez lepku, musí zvolit alternativní způsob výroby, kterým se docílí alespoň z části podobným reologickým vlastnostem, jako je tomu u pšeničného těsta. Pro tvorbu kompaktnějšího těsta, které bude více stabilní a poddajné, se používají různá zahušťovadla, jako jsou škroby, hydrokoloidy a přírodní gummy, které jsou získávány z různých druhů rostlin, semen, ovoce, extraktů, mořských řas nebo mikroorganismů. Definice a vlastnosti chemického složení byly uvedeny v kapitole č. 1 (Suroviny pro výrobu bezlepkového pečiva), (Gallacher a kol., 2004).

3.1 Absence lepkových bílkovin a odlišnosti od pšeničného pečiva

Pro pšeničné pečivo je typická nadýchaná struktura, dobrá pórovitost, křupavá kůrka a velmi příjemná chuť. Všechny tyto vlastnosti závisí na kvalitě těsta i hotového výrobku a co činí toto pečivo výjimečným, je právě vytvořená lepková síť, která má schopnost se tvořit po přidání vody k mouce. U pšeničného pečiva tuto vlastnost zajišťuje lepek neboli gluten, který je velmi odolný v tahu, což dokonale zajišťuje roztažnost těsta, je stabilní při míchání a zadržuje plyny. Jedná se o se o zásobní protein, který je tvořen bílkovinnými frakcemi monomerními prolaminami a polymerními gluteliny. Jako samotný se získává separací škrobu a dalších ve vodě rozpustných složek, z pšeničného těsta procesem označovaným jako vypírání. Lepek po vyprání obsahuje přibližně 65 % vody. Sušina pak obsahuje zhruba 75-86 % proteinů a její zbývající část je tvořena sacharidy a lipidy. V případě pšeničného pečiva hrají důležitou roli prolaminami gliadiny a gluteniny, které těstu dodávají příznivé reologické vlastnosti. Gliadiny jsou zodpovědné za viskozitu a tažnost těsta, gluteniny ovlivňují elasticitu (pružnost), (Gabrovská a kol., 2015). Lepkové vlastnosti dávají schopnost těstu více kynout a hotové výrobky jsou po upečení lépe žvýkatelné a sensorické vlastnosti velmi uspokojivé (Gallacher a kol., 2004).

Na porovnání odlišnosti nutričních složek mezi běžnou stravou a stravou bez lepku, proběhla řada studií. Lze uvést studii, která proběhla v roce 2014-2015 v Austrálii. Testováno bylo celkem 162 potravin bez lepku, které byly získány od 19 výrobců z různých supermarketů, mezi nimiž bylo i pečivo. Jako standard posloužily potraviny obsahující lepek. Výrazný rozdíl byl zaznamenán v obsahu vlákniny a minerálních látek. V rámci zhodnocení bezlepkového

chleba a pečiva se dvěma standardy (s obsahem lepku), byl zaznamenán nižší obsah sodíku, draslíku i bílkovin než u běžného pečiva a chleba. Rovněž vláknina byla zastoupena v menším množství. Naopak nebyl zaznamenán rozdíl v množství obsažených tuků. S nutričním složením byla porovnána i cena bezlepkových výrobků proti těm klasickým, přičemž u bezlepkových potravin byla cena v některých případech až o 267 % vyšší, než tomu bylo u běžných výrobků (Missbach a kol., 2015).

V roce 2017 proběhla podobná studie v Itálii, kde byly opět porovnávány mezi sebou bezlepkové a běžné potraviny. Hodnoceny byly rozdíly v celkové energii a mezi nutričními hodnotami jednotlivých výrobků. Celkem bylo testováno 235 bezlepkových potravin a 349 běžných, mezi kterými byly i chleby a další pečivo jako housky, různé tyčinky, kreky aj. V tomto případě byla převážná část nutričních hodnot vyšší u bezlepkového pečiva a jednalo se o vyšší obsah celkové energie, nasycených i celkových tuků a soli. U běžného pečiva byl vyšší jen obsah proteinů a jednoduchých cukrů (Cornicelli a kol., 2018).

3.2 Absence výrazných chuťových látek

Při výrobě bezlepkového pečiva se kromě struktury a objemu, také řeší jeho chuťová stránka. Aroma, které je pro pšeničné pečivo typické, se zatím nedá u toho bezlepkového zcela napodobit. Za nositele aroma pečiva jsou považovány alkoholy, aldehydy, ketony, furany, pyrroly, pyraziny, estery, hydrokarbony a laktony. Bylo prokázáno, že u zkoumaného bezlepkového chleba, byl nedostatek klíčových sloučenin, které specifické aroma vytváří. Jednou z nejdůležitějších složek je 2-acetyl-1-pyrroline, hlavní prekurzor ornitinu, citrulinu a prolinu. Zkoumání aromatických látek u bezlepkového a pšeničného pečiva je jednou z řešených oblastí, která by mohla napomoci, jak vyrábět bezlepkové pečivo sensoricky přijatelnější a alespoň z části se přibližující tomu běžnému. Při porovnání bezlepkového chleba s chlebem pšeničným či pšenično-žitným, se řada látek také přisuzuje se spojitostí s Millardovými reakcemi. Během pečicího procesu dochází k reakci mezi jednotlivými sloučeninami charakteristickými pro chléb (Pacyński a kol., 2015).

Při studii, která hodnotila rozdíly v aromatických sloučeninách, se vycházelo z pekařských pokusů, kde byly porovnány tři receptury pečiva. Jednalo se o základní verzi (bezlepková varianta), dále pak vzorky s využitím pšeničné a žitné mouky a modelové vzorky s přidávkem vhodných prekurzorů aromatických sloučenin, a to kombinací aminokyselin prolin/glukóza, prolin/ornitin, methionin/ribóza, cystein glukóza a další. Po upečení se ponechaly jednotlivé vzorky při pokojové teplotě (po dobu 2 h) vychladnout. Následně byla

provedena chemická analýza aromatických sloučenin, za využití různých izolačních metod. Byly zaznamenány rozdíly v zastoupení těkavých sloučenin, a to převážně v kůrce pečiva. Nejdůležitější látkou, které bylo u bezlepkového chleba nedostatek, byl pyrazin. Avšak, v případě za použití prekurzorů aromatických sloučenin, bylo docíleno lepší přijatelnosti aroma u bezlepkového chleba. Jako nejlépe zhodnoceným byl chléb s přidavkem prekurzoru v kombinaci prolin/glukóza, což bylo potvrzeno i v rámci sensorické analýzy prováděnou vybranými hodnotiteli. V případě ostatních vzorků, nebyl jejich sensorický profil, zcela přijatelný. Nepříjemná chuť a aroma, které většinou bezlepkové pečivo doprovází, může být způsobeno až třikrát větším množstvím methionalu (degradační produkt methioninu), než je tomu u pšeničné a pšenično žitné varianty chlebů (Pacyński a kol., 2015).

3.3 Fortifikace bezlepkového pečiva

Velmi často se bezlepkové pečivo fortifikuje různými vitamíny a minerálními látkami, a to z důvodu absence dostatečného množství těchto látek při použití určitých surovin. Také přidavek vlákniny má zde svoji roli, neboť v řadě výrobků je ve složení převážná část použitých surovin zastoupena různými škroby nebo jinými zahušťovadly. Velmi často se v tomto směru využívá inulin, který jako nestavitelný polysacharid je zařazen na pozici stejně jako vláknina. Se svými probiotickými vlastnostmi stimuluje růst zdravých prospěšných bakterií ve střevech a při výrobě pečiva zvyšuje jeho stabilitu, objem a lepší krájitelnost. Svě zastoupení si zde nachází i mléčné výrobky. Využívají se především mléčné proteiny, které dodají výrobkům nejen nutriční, ale také funkční benefity, jako jsou lepší chuť nebo textura. Je však třeba brát také zřetel na vymezený sektor konečných spotřebitelů. V případě použití mléčných výrobků při výrobě pečiva, nejsou tyto výrobky vhodné pro osoby trpící laktózovou intolerancí nebo alergií na mléčné bílkoviny (Gallaher a kol., 2004).

Cílem fortifikace je nejen doplnit bezlepkové pečivo o nejen nutričně významné látky, ale také zajistit vhodné texturní vlastnosti těsta a zajistit sensorickou přijatelnost. Pro zlepšení reologických vlastností se využívá řada doplňkových látek, ať už se jedná o různé enzymy ze skupiny proteáz či amyláz, dále různé hydrokoloidy, okyselující látky aj.

3.3.1 Využití hydrokoloidů

Hydrokoloidy jsou pro výrobu bezlepkového pečiva využívány z důvodu jejich vhodných technologických vlastností, díky nimž se lze přiblížit texturním vlastnostem běžného pečiva. Podílí se na zlepšení objemu, vlhkosti, tvrdosti a sensorických vlastnostech pečiva.

Jednotlivé účinky se odvíjí dle původu a chemické struktury daných hydrokoloidů. Velmi často se přidávají a zkoušejí se vlivy při použití karboxymethylcelulózy (zkratka HPMC), alginát sodný, κ -karagenan a xanthanová guma. Hydrokoloidy dokáží výrazně ovlivnit stabilitu těsta, což je dáno přítomností hydroxylové skupiny v jejich struktuře a její schopností zajistit interakce vody skrze vodíkové vazby (Guarda a kol., 2004).

3.3.2 Využití proteáz získaných z *Aspergillus oryzae*

Pro zlepšení konzistence těsta a následné textury bezlepkového pečiva, se uplatnilo využití proteáz a amyláz izolovaných z plísně *Aspergillus oryzae* (Hamada, 2013). Komerčně dostupný *A. oryzae* je známý také pod názvem koji, které se dříve používalo jako potravinové aditivum. Tento způsob se při výrobě pečiva dobře osvědčil, neboť se dokáže dosáhnout lepších reologických vlastností těsta, aniž by bylo nutné do receptury přidávat různé polymerní zahušťovadla (agary, xanthanová guma, hydroxypropylmethylcelulóza aj). Při zkoumané studii byl tento pokus prováděn za využití rýže Koshihikari, která byla různými technologickými procesy upravena a následně rozemleta na mouku. Připravená směs z mouky a vody, byla obohacena koji a následně se směs ponechala přes noc před fermentovat. Poté byly přidány sůl, cukr a sušené droždí s následnou další fermentací. Po upečení a vychladnutí byly bochníky chleba zabaleny a ponechány do dalšího dne, kdy byly provedeny jednotlivé rozbory (reologická, enzymatická a statistická analýzy). Proteázy a amylázy měly viditelný vliv na zlepšení reologických vlastností chleba, nicméně se výsledný efekt odrážel i na aplikaci různých teplot při fermentaci těsta. Proteázy měly viditelně lepší efekt na reologické vlastnosti těsta, než amylázy, a to z důvodu vyšší termostability během technologických procesů. Zkoumána byla také struktura proteinů a škrobových granul v rýžovém těstě. Hlavním zkoumaným proteinem byl glutelin, zásobní protein nacházející se v endospermu rýže, který se kláda ze dvou polypeptidových řetězců a který dokáže po parciální degradaci reagovat se škrobovými granulemi a tím tak snižovat fluiditu těsta. Tímto byly také docíleny lepší texturní vlastnosti finálního výrobku a to díky schopnosti těsta zadržovat více plynů, které jsou důležité pro pórovitost těsta a díky tomu je i žvýkatelnost těsta přijatelnější. (Hamada a kol., 2013).

3.3.3 Využití bacillolysinu, papainu a subtilisinu

Jako další potravní aditiva ze skupiny proteáz využívané pro zlepšení kvality bezlepkového, se využívají: bacillolysin (metalo proteáza), papain (cystein proteáza) a subtilisin (serin proteáza), které se podílejí na zlepšení specifického objemu bezlepkového pečiva a

změkčení kůry chleba. Tyto pokusy byly soustředěny receptury na výrobu bezlepkového chleba za použití rýžové mouky. Jednotlivé proteázy se podílejí na kvalitě pečiva různě. Bylo zkoumáno šest komerčních proteáz (ProteAX, Peptidase R, Protin SD-NY10, Papain W-40, Protin SD.AY10 a Newlase F). Protin SD-NY10 je bacillolysin pocházející z bakterie *B. amyloliquefaciens*. Tato proteáza dokáže hydrolyzovat peptidové řetězce obsahující hydrofobní aminokyselinové zbytky v substrátech. Protin SD-AY10 je subtilisin, který je získáván z *Bacillus licheniformis*, spadá do skupiny serinových proteáz a jeho vlastností je schopnost hydrolyzovat peptidové řetězce od terminálního C-konce aromatických, hydrofobních a aminokyselinových zbytků. Papain W-40 je purifikován ze stromu *Carica papaya*, spadá do skupiny cysteinových proteáz a je schopen hydrolyzovat peptidové řetězce. Newlase F spadá do skupiny aspartyl proteáz a získává se z mikroskopických hub rodu *Rhizopus*. Jako nejvíce účinné se jevily Protin SD-NY10, Papain W-40, Protin SD-Y10 a ProteAX, které se podílely na zvýšení specifického objemu bochníku v rozmezí 30-64 % a na snížení tvrdosti kůrky chleba v rozmezí 13-28 % dle použitého druhu proteázy. Nejhuře dopadly vzorky s použitím proteázy Newlase F i přes to, že tato proteáza vykazovala nejvyšší aktivitu α -amylázy, výsledný chléb měl nižší objem a vyšší tvrdost kůrky oproti kontrolnímu vzorku, což bylo zřejmě ovlivněno vlastnostmi proteáz více než enzymatickou aktivitou. Struktura pórů byla zkoumána pomocí elektronového mikroskopu. Chleby bez použití proteáz měly hrubší póry, kdežto s jejich využitím (s výjimkou Newlase F a Peptidase R) byla pórovitost dostatečná a póry měly pravidelný tvar. Využití těchto proteáz bylo účinné, nicméně pro zajištění přijatelné sítě agregátů proteinových molekul, je třeba zajistit degradaci globulinových podjednotek spojených disulfidickou vazbou, které byly zjištěny v rýžovém těstě bez použití enzymů (Hatta a kol., 2015).

3.3.4 Využití kyselin nebo solí kyselin

Pro údržnost těsta se do bezlepkového pečiva přidávají také různé regulátory kyselosti a konzervační látky. Přídavek těchto látek však našel i uplatnění pro zlepšení reologických vlastností samotného těsta při vývoji různých receptur. Mezi jedny z nejčastěji zkoumaných látek patří kyselina citronová, kyselina mléčná a monosodium fosfát. U těchto látek proběhla řada výzkumů, kde se hodnotil vliv přídavku látek o různých koncentracích na konzistenci a objem výsledného výrobku. Zhodnoceny byly i změny pH v těstě, které se podílí na vývoji těsta. Jako nejvíce účinný byl monosodium fosfát, který se podílel na zlepšení vzhledu, chuti, textury a aroma výsledného výrobku. Za použití hydroxymetylcelulózy (zkratka HPMC)

jako jednu z přidaných recepturních složek, se jevil monosodium fosfát jako neúčinnější, což může být ovlivněno schopností reakce mezi fosfátem a vazbami HPMC, která brání difuzi oxidu uhličitého (CO₂) skrz polymerní síť a tak CO₂ zbytečně neuniká ven. Je však nutné, aby byla zvolena vhodná koncentrace daných látek, kde nižší koncentrace ze všech zkoumaných látek, se jevila jako nejvhodnější. Při použití látek při vyšších koncentracích, neproběhla žádná změna v objemu, popř. byl objem vůči velmi nízkému pH menší než standard nebo výrobek za použití látky v nejnižší koncentraci. (Blanco a kol., 2011).

3.3.5 Emulgátory

Problémem bezlepkového pečiva je jeho kratší trvanlivost z důvodu rychlejšího tvrdnutí pečiva. Pro zajištění vhodné homogenity těsta a výsledných reologických vlastností bezlepkového pečiva, se proto využívají různé emulgátory a modifikátory (monoglyceridy, glycerol monostearát, lecithin, stearyl laktát sodný, monoglyceridy di-acetylu kyseliny vinné aj.). Přídavkem emulgátorů také lze docílit navýšení síly těsta nebo změkčení kůrky. Výhodou monoglyceridů je to, že jsou amfifilní a jsou schopny reagovat se složkami škrobu, s tuky nebo proteiny. U škrobu jsou emulgátory schopny reagovat s amylozou. Mohou se tím pádem účastnit i procesu gelace a redukovat tak nárůst krystalizace. Při různých pečicích pokusech, se na zvýšení objemu těsta a zlepšení pórovitosti, viditelně podílely destilované monoglyceridy (1 %), dále monoglyceridy di-acetylu kyseliny vinné (0,6 %) a stearyl laktát sodný (0,5 %), (Aguliar a kol., 2015; Nunes a kol., 2009).

4 VÝZNAM BEZLEPKOVÝCH POTRAVIN VE VÝŽIVĚ

S nástupem bezlepkové diety přichází řada obav ze strany nemocných. Nabízený sortiment bezlepkových produktů je značně užší, než je tomu u běžných potravin a také finanční náročnost je u bezlepkových potravin větší. Často osoby pociťují nátlak, jak se s daným onemocněním vypořádat v rámci sociální interakce, ať už jde o různé každodenní aktivity, při cestování nebo neustálá kontrola potravin a obezřetnost při přípravě různých pokrmů (Olsen, 2018).

4.1 Onemocnění spojené s konzumací lepku

Čím dál více roste prevalence různých onemocnění, při kterých je nutné vyřadit lepek z potravy. Problémy nastávají při konzumaci běžného pšeničného, žitného, ječmenného a ovesného pečiva. Mezi onemocnění, při kterých je nutné dodržovat přísnou či omezenou dietu, patří:

- celiakie (celiakální sprue, intestinální enceropatie),
- glutenová senzitivita,
- alergie na lepek.

V České republice se počet osob, kteří trpí onemocněním zvané celiakie, pohybuje kolem 1 %. Počet lidí, kteří jsou alergičtí pouze na některé složky bílkovin, se pak odhaduje na několik procent. Stále je však spousta lidí, kteří tuto nemoc ještě neodhalili, přičemž nemoc je doprovázena řadou zdravotních komplikací (Gabrovská a kol., 2015). Bílkoviny, na které organismus reaguje, se vyskytují v různých frakcích, přičemž na každou z nich dokáže reagovat zcela odlišně. Zatímco u frakce omega (ω -), která může vyvolat alergickou reakci, frakce α -/ β -gliadinů mohou být přímo zodpovědné za vznik celiakie (Gallacher a kol. 2004).

4.1.1 Celiakie

Jedná se o multisystémovou autoimunitní poruchu, která se převážně projevuje už v dětském věku, ale čím dál více jsou typické případy i u dospělé populace. Bez podstoupení léčby je čím dál více narušována sliznice tenkého střeva a dochází k atrofii (vyhlazení klků a mikrokloků). Vlivem atrofie pak nastávají problémy s maloabsorpcí nutrientů. Vznik tohoto onemocnění je dán genetickými predispozicemi a jediným způsobem léčby je prozatím doživotní konzumace bezlepkových potravin, což znamená dodržovat přísnou bezlepkovou dietu (Falck, 2017).

Příznaky onemocnění mohou mít různé podoby. Mezi ty nejčastější symptomy patří chronické průjmy, zácpy nebo abdominální (břišní) bolesti. Ne vždy se musí příznaky celiakie projevit trávicími problémy. Mezi symptomy, které se projevují jinými, než trávicími problémy patří ztráta na váze, nechutenství, stres, deprese, podrážděnost nebo panické ataky, únava, slabost, zhoršené hojení ran. V těchto případech je odhalení nemoci daleko složitější, neboť si člověk dané symptomy většinou nespojuje s možným rizikem celiakie. Při dlouhodobě neléčené celiakii, se mohou rozvinout i další onemocnění nebo zdravotní komplikace jako řídnutí kostí, laktózová intolerance, kanceromy, poruchy nervového systému, diabetes I. typu, neplodnost a mnoho dalších (Falck, 2017).

4.1.2 Non-glutenová senzitivita

Kromě celiakie nebo alergie na lepek, se také u mnoha lidí vyskytuje tzv. non-celiac gluten sensitivity (převzato z anglického slova), což znamená, že tito lidé nemají pozitivní testy definující celiakii, ale stále negativně reagují na lepek. Počet lidí postižených touto senzitivitou se pohybuje v rozmezí 0,5 – 13 %. Diagnostika onemocnění se provádí několika způsoby a je třeba ji postoupit před zavedením bezlepkové diety. Nejčastějším způsobem je testování ze vzorku odebrané krve (sérologické a genetické testování), kde jsou testovány antigeny proteinů nebo leukocytů. Pokud se krevní testy jeví i po zařazení bezlepkové diety stále jako pozitivní, je vhodné provést biopsii (odebrání malého množství tkáně z tenkého střeva), (Bjarnadottir, 2017).

4.1.3 Možné souvislosti dermatologických problémů s celiakií

Čím dál více je s celiakií spojována i souvislost dermatologických problémů, u kterých je v některých případech hormonální léčba komplikovanější a zdlouhavá. Proběhla už řada výzkumů, do jaké míry se podílí bezlepková dieta na zlepšení nebo léčbě dermatologických problémů. Velmi často je v řadě výzkumů řešena spojitost celiakie s Duhringovou chorobou (*Dermatitis Herpetiformis*). Jedná se o zánětlivé onemocnění kůže a je často nazývána kožní manifestací celiakií. Příznaky bývají svědivé puchýřky, po většinu se vyskytující na předloktí a loktech, ale mohou mít zánětlivá ložiska i na dalších částech těla (oblasti břicha a zad), (Cobb, 2019).

Další souvislost byla zaznamenána s onemocněním zvaným psorióza (*Planmoplantar pustulosis psoriasis*). Jedná se o rozsáhlejší infekční podobu psoriózy vyznačující se zarudnutím kůže a místy až vznikem hnisavých ložisek na končetinách. I v tomto případě proběhla řada studií, která zkoumala 33 pacientů s psoriózou, u nichž byly detekovány

vysoké hodnoty antitodů ke gliadinu (konkrétně typy IgA a IgG) označovány jako AGA (anti-gliadin antibodies - převzato z anglického slova), (Michaëlsson a kol., 2000). Dle výzkumů je zřejmé, že celiakie a psorióza mají velmi podobnou genetickou dráhu. I přesto, že v některých případech nebyla souvislost zcela rozpoznána, u řadě výzkumů procentuální shody byly. Dle švédské studie, která se zabývala zkoumáním vybraných typů lidí s psoriózou, se u 73 % zkoumaných osob prokázalo po zařazení dlouhodobější bezlepkové diety, značné zlepšení dermatologických i gastroenterologických problémů. Celý výzkum trval šest měsíců, kdy bylo sledováno přes tři desítky pacientů s psoriózou. Před samotných zahájením byli pacienti podrobeni gastroenterologickému vyšetření, které se pak provádělo každé tři měsíce, aby se zaznamenaly případné změny v trávicím traktu. U 4,3 % pacientů, se potvrdila přítomnost celiakie. Dle doporučení by se měla studie zaměřit na ještě delší období zkoumání, nicméně i po půl roce se prokázala značné zlepšení zdravotního stavu vybraných pacientů (Michaëlsson, G. a kol., 2000).

4.2 Označování bezlepkových potravin na obalech

S výrobou bezlepkového pečiva a dalších produktů neobsahujících lepek, souvisí také následné balení a označování potravin. Za správnost označení, nese primární odpovědnost provozovatel potravinářského podniku (PPP), přičemž musí respektovat Nařízení Komise č. 41/2009 o složení a označování potravin vhodných pro osoby s nesnášenlivostí lepku. Do potravin, které jsou určeny pro osoby s nesnášenlivostí lepku, se řadí ty, které byly speciálně vyrobeny tak, aby splňovaly stanovené výživové požadavky těchto osob. Potravinu bez lepku se tak řadí mezi potraviny určené pro zvláštní výživu. Všechny potraviny by také měly být v souladu s tímto nařízením a při uvádění na trh by měly nést označení: s „velmi nízkým obsahem lepku“ (množství lepku musí být < 100 mg/kg) nebo „bez lepku“ (množství lepku musí být < 20 mg/kg). Označení „velmi nízký obsah lepku“ je zakázáno. V případě nebalených potravin je nutné v jejich přítomnosti doložit veškeré povinné údaje týkající se označení pro bezlepkovou potravinu. Označení bezlepkových potravin se však v řadě vnitrostátních předpisech liší, proto může být jejich volný pohyb, tímto ovlivněn (EURlex, 2020 – 41/2009). Pro bezlepkové potraviny byl přijat Codexem Alimentarius Světové zdravotnické organizace (zkratka WHO) a Zemědělské a potravinářské organizace (zkratka FAO), také kodexový standard. Dle standardu WHO/FAO byla zde uvedena charakteristika, že lepek je bílkovinná frakce nacházející se v pšenici, žitu, ovsu, ječmene nebo jejich kříženců, která je nerozpustná ve vodě a v 0,5 molárním chloridu sodném (NaCl), (Gallacher a kol., 2004).

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo vyhodnotit vliv použitých surovin na vlastnosti bezlepkového pečiva. Hodnoceny byly:

- a) kombinace mouk, a to rýžová/jáhlová, rýžová/kokosová, pohanková/banánová, čiroková/konopná a z červené rýže/banánová
- b) kombinace mouk společně s kypřicí složkou, a to kváskem, sušeným droždím a kypřicím práškem do pečiva,
- c) kypřicí složky samostatně,
- d) další suroviny, které byly v recepturách použity.

6 SPECIFIKACE POUŽITÝCH MOUK

Složení běžných bezlepkových výrobků, zahrnuje převážně velké množství různě modifikovaných škrobů nebo hlavní podíl recepturního složení tvoří mouka z bílé rýže. Proto byly v práci pro pekařský pokus, testovány takové marginální mouky, které jsou sice na trhu běžně dostupné, ale jejich využití pro bezlepkové pečivo, není až tak běžné a které svým způsobem mohou nejen nutričně, ale také sensoricky, bezlepkové pečivo ozvláštnit. Byly použity mouky z různých druhů travin, pseudocereálií, ovoce a ořechu. Kromě kokosové mouky (výrobce Wolfberry) pocházely všechny mouky od značky Adveni. Použité druhy mouk byly následující:

- hladká mouka z bílé rýže
- mouka z červené rýže,
- pohanková mouka,
- jáhlová mouka,
- čiroková mouka hladká,
- banánová mouka,
- kokosová bio mouka,
- a konopná mouka.

6.1 Specifikace jednotlivých mouk

V následujících podkapitolách jsou uvedeny stručné charakteristiky použitých 100% druhů mouk, které byly pro při vypracování praktické části použity. Většina mouk je určena pouze pro tepelné zpracování a doporučuje se, je vždy skombinovat s ostatními druhy mouk. Detailní popis jednotlivých mouk, které byly použity, je uveden v kapitole 2 a 3 (Suroviny využívané při výrobě pečiva a Netradiční/marginální bezlepkové suroviny). Srovnání nutričního složení deklarovaném výrobcem jednotlivých druhů mouk, je uvedeno níže v tabulce č. 3 (Nutriční složení použitých druhů mouk).

Tab. 3: Nutriční složení použitých druhů mouk
(sestaveno dle informací Adveni Medical, s.r.o., 2020)

Druh mouky	Energetická hodnota	Tuky (z toho MK)	Sacharidy (z toho cukry)	Vláknina	Bílkoviny	Sůl
Rýžová	1484 kJ/ 349 kcal	0,6 g (0,3 g)	79 g (0 g)	2,9 g	7,0 g	<0,03 g
Pohanková	1480 kJ/ 352 kcal	3,2 g (0,1 g)	73 g (0 g)	-	11,0 g	<0,10 g
Jáhlová	1583 kJ/ 374 kcal	42 g (0,7 g)	73 g (0 g)	-	11 g	<0,01 g
Čiroková	1464 kJ/ 345 kcal	1,9 g (0,3 g)	72 g (0 g)	-	10,0 g	<0,01 g
Z červené rýže	1502 kJ/ 354 kcal	2,0 g (0 g)	74 g (0 g)	-	10,0 g	<0,01 g
Banánová	1490 kJ/ 353 kcal	0,5 g (0,2 g)	78 g (5,4 g)	9,4 g	4,0 g	<0,038 g
Kokosová	1313 kJ/ 313 kcal	16,7 g (15,26 g)	21,5 (15,5 g)	15,5 g	19,4 g	<0,05 g
Konopná	1198 kJ/ 290 kcal	7,9 g (1,0 g)	1,4 g (-)	47 g	30,0 g	<0,1 g

6.2 Specifikace dalších surovin

Kromě výše uvedených druhů mouk, byly použity i různé druhy surovin, ať už ochucující, modifikující či doplňkové. Použité konkrétní suroviny byly následující: sušené droždí (S. I. Lesaffre), bezfosfátový kypřicí prášek s vinným kamenem (Dr. Oetker), sušená vejce, sušené mléko, psyllium (Adveni), jablečná vláknina (Adveni), bambusová vláknina (Adveni), aquafaba/nálev z cizrny (sterilovaná cizrna Bassta), hrachový protein (Topnatur) xantanová guma (Wolfberry), Rewa/modifikovaný bramborový škrob (Paleta s.r.o.), sůl, cukr, mletý černý pepř (Kotányi) a olej řepkový K Classic (Glencore Agriculture Czech s.r.o.).

6.3 Použité receptury

Celkem bylo vyzkoušeno pět receptur po třech, čtyřech a pěti různých variantách. Jednotlivé varianty se lišily dle použitých druhů mouk a různých variant přidávaných surovin (ať už kypřících složek, doplňkových či modifikujících surovin) u kterých bylo následně také posouzeno, jakým způsobem se přídavek daných surovin podílel na texturních vlastnostech pečiva. První vzorek z každé receptury, byl vyroben jako standard (tedy bez přídavku doplňujících surovin), aby mohly být lépe vyhodnoceny odlišnosti na základě použitých

surovin a jejich vlivy. Rýžová mouka byla součástí každých variant a tvořila vždy základ těsta. Přehled použitých receptur je uveden níže v tabulkách 3-7.

Verze receptury 1

Tab. 3: Použité suroviny a navážky pro recepturu 1

Mouky a suroviny	Navážky jednotlivých složek pro dané vzorky [g]			
	Vzorek 1o	Vzorek 1a	Vzorek 1b	Vzorek 1c
Rýžová mouka	45,18	45,04	45,11	45,09
Jáhlová mouka	25,08	25,12	25,08	25,07
Kypřicí prášek	2,1	x	x	x
Kvásek	x	4,17	4,05	4,1
Sušená vejce	x	x	1,8	x
Sušené mléko	x	x	10,48	x
Jablečná vláknina	x	x	x	2,07
Xantanová guma	x	x	x	0,12
Sůl	1,5	1,53	1,52	1,52
Cukr	1,57	1,56	1,52	1,51
Olej řepkový	3,54	3,52	3,51	3,52
Voda	61,13	56,19	40,25	55,57

Verze receptury 2

Tab. 4: Použité suroviny a navážky pro recepturu 2

Mouky a suroviny	Navážky jednotlivých složek pro dané vzorky [g]		
	Vzorek 2a	Vzorek 2b	Vzorek 2c
Pohanková mouka	30,11	30,07	30,09
Mouka z červené rýže	20,08	20,04	20,04
Banánová mouka	20,03	20,02	20,07
Sušené droždí	0,83	0,84	0,84
Sušené mléko	x	10,06	x
Sušená vejce	x	1,81	x
Psyllium	x	x	2,05
Aquafaba	x	x	25,78
Sůl	1,52	1,55	1,51
Mletý pepř	0,03	0,03	0,03
Cukr	1,52	1,59	1,51
Olej	3,52	3,52	3,54
Voda	75,51	70,73	61,41

Verze receptury 3

Tab. 5: Použité suroviny a navážky pro recepturu 3

Mouky a suroviny	Navážky jednotlivých složek pro dané vzorky [g]		
	Vzorek 3a	Vzorek 3b	Vzorek 3c
Pohanková mouka	40,11	40,07	40,25
Čiroková mouka	25,18	25,04	25,16
Konopná mouka	5,51	5,03	5,01
Sušené droždí	0,84	0,84	0,84
Sušené mléko	x	10,25	x
Sušená vejce	x	1,82	x
Hrachový protein	x	x	5,07
Aquafaba	x	x	15,12
Sůl	1,54	1,55	1,51
Mletý pepř	0,03	0,03	0,03
Cukr	1,53	1,59	1,51
Olej	3,53	3,52	3,54
Voda	70,43	70,73	61,41

Verze receptury 4

Tab. 6: Použité suroviny a navážky pro recepturu 4

Mouky a suroviny	Navážky jednotlivých složek pro dané vzorky [g]				
	Vzorek 4a	Vzorek 4b	Vzorek 4c	Vzorek 4d	Vzorek 4e
Rýžová mouka	60,12	55,38	55,05	57,28	60,11
Kokosová mouka	10,16	10,03	10,09	10,01	10,02
Kypřicí prášek	2,07	2,05	2,04	2,02	x
Sušené droždí	x	x	x	x	0,62
Psyllium	x	5,07	x	x	x
Jablečná vláknina	x	x	5,02	x	x
Bambusová vláknina	x	x	x	3,01	x
Sůl	1,53	1,50	1,52	1,52	1,51
Cukr	1,52	1,51	1,51	1,52	1,52
Olej	3,57	3,51	3,52	3,52	3,02
Voda	110,75	112,38	111,24	118,38	112,81

Verze receptury 5

Tab. 7: Použité suroviny a navážky pro recepturu 5

Mouky a suroviny	Navážky jednotlivých složek pro dané vzorky [g]			
	Vzorek 5a	Vzorek 5b	Vzorek 5c	Vzorek 5d
Pohanková mouka	50,04	45,01	45,07	50,07
Banánová mouka	20,11	20,05	20,06	20,06
Modifikovaný br. škrob	x	5,06	5,01	x
Kypřicí prášek	2,05	x	x	x
Sušené droždí	x	x	0,84	0,84
Sůl	1,52	1,53	1,52	1,51
Mletý pepř	0,03	0,03	0,03	0,03
Cukr	1,52	1,53	1,52	1,52
Olej	3,52	3,53	3,51	3,54
Voda	65,72	75,17	75,38	70,93

7 METODIKA ZPRACOVÁNÍ

Dle vlastních sestavených receptur byly připraveny různé varianty těst. Pro některé verze byl použit předpřipravený kvas (připraven smícháním sušeného droždí, cukru, mouky a vody), u jiných receptur se vycházelo z přímo použitého droždí nebo kypřicího prášku. Nejprve byly smíchány všechny suché ingredience, následně olej, v případě kvasu, tak kvásek a poté voda. Následně byly do receptur přidávány různé suroviny, u kterých se očekával vliv na texturní vlastnosti těsta. V případě použitého sušeného mléka, bylo mléko podrobena nejprve hydrataci, v případě sušených vajec bylo jejich množství přepočteno dle odpovídajícího poměru na vejce čerstvá a následně byla přidána přímo do těsta. Aquafaba byla vyšlehána z nálevu sterilované konzervy a přidané množství bylo zvoleno náhodně. Všechny suroviny byly ručně smíchány tak, aby se všechny složky dokonale propojily. Následně byla těsta umístěna do pečících silikonových forem a nechala se chvíli fermentovat (vyjma s použitím kypřicího prášku). Po fermentaci, která trvala zhruba 10-15 minut, se daly formičky s těstem péct. Pečení při 180 °C/23 min pro receptury 1-3, při 180 °C/35 min pro recepturu 4 a při 180 °C/25 min pro recepturu 5. Po upečení se nechaly výrobky vychladnout při laboratorní teplotě a v polyethylenovém sáčku byly uchovány do druhého dne, kdy proběhlo měření. Vzhled vzorků po upečení je vyobrazen na obr. 2 a 3 v Příloha I: Foto vzorků po upečení.

Následující den byl u jednotlivých výrobků změřen objem. Po objemu byly výrobky nakrájeny na kráječky, kde z jednotlivých plátků byla vykrojena požadovaná kolečka (viz obr. 4 v Příloha II: Příprava vzorků pro texturní profilovou analýzu). Daná kolečka byla podrobena texturní analýze na texturometru za použití počítačového softwaru Exponent Lite. Ze získaných dat byly vypočteny požadované výsledky, které byly podrobny statistické analýze přes program Statistica 13.0 (TIBCO Česká republika). Výsledky z programu byly zhodnoceny a jednotlivá data byla mezi sebou porovnána a taktéž byla srovnána i s vybranou literaturou (viz kapitola 6 Diskuze výsledků s literaturou).

7.1.1 Zařízení

Pro přípravu jednotlivých receptur a následného zhodnocení výrobků, bylo použito:

- laboratorní váhy Kern EW- 1500 – 2M 1500g/0,01g,
- ruční tyčový mixér ze sady Kenwood Triblade System HDP408WH 800 W,
- profesionální pec Pekass Miwe Cube air,
- elektrický kráječ potravin Boch MultiCut MAS6151R,

- plastový granulát s odměrnými SIMAX kalibrovanými válci (2000 ml a 550 ml),
- texturometr TA.XT.plus Stable Micro Systém
- PC software Exponent Lite a PC software pro statistickou analýzu Statistica 13.0 (TIBCO Česká republika).

Při přípravě pekařského pokusu, byly jinak využívány dále materiály, pomůcky a přístroje běžně dostupné v laboratoři rostlinných technologií (metly, stěrky, přístroje, kádinky, mísy a další).

7.2 Hodnocení bezlepkového pečiva

Pro požadované výsledky byly použity příslušné výpočty (specifický objem a ztráty pečením). Dále byla také provedena statistická analýza.

7.2.1 Ztráty pečením

Ztráta pečením byla vypočtena pro každý vzorek po jejich vychladnutí. Jednotlivé vzorky byly zváženy na laboratorních váhách. Hmotnost po upečení byla odečtena od hmotnosti vzorku před upečením. Výsledek je vyjádřen jako ztráta pečením v jednotkách %. Pro výpočet byl použit následující vzorec:

$$ZP = \frac{m_t - m_v}{m_t} \cdot 100, \quad (1)$$

kde:

ZP - ztráta pečením [%]

m_t - hmotnost vzorku těsta před upečením [g]

m_v - hmotnosti výrobku po upečení [g].

7.2.2 Specifický objem

Po vychladnutí byly jednotlivé vzorky zváženy a podrobeny měření objemu. Pro měření byl použit po okraj granulátem naplněný a zarovnaný odměrný dvoulitrový kalibrovaný válec. Jednotlivý vzorek pak byl vložen do válce s granulátem. Během vtlačení do válce došlo k vytlačení určitého množství granulátu. Okraj válce byl následně dorovnaný vytlačeným granulátem a zbytek granulátu byl nasypán do odměrného 550 ml válce. Objem vzorku (po třech opakování) byl stanoven dle množství granulátu sahající po danou rysku v odměrném

válci. Dle hodnot z objemu, byl pro každý vzorek vypočten specifický objem v jednotkách [ml/g] dle následujícího vzorce:

$$V_{sp} = \frac{V_{vz}}{m_v}, \quad (2)$$

kde:

V_{sp} - specifický objem [ml/g]

V_{vz} - objem vzorku [ml]

m_v - hmotnost výrobku po upečení [g].

7.2.3 Texturní profilová a statistická analýza

Po vychladnutí a provedení měření objemu, byly jednotlivé výrobky nakrájeny na elektrickém kráječi. Z každého výrobku byly nejprve nařezány pláty, ze kterých pak byly vykrojeny 3 až 4 dílčí vzorky. Dané dílčí vzorky byly podrobeny analýze na texturometru, kde před měřením ještě byla provedena kalibrace přístroje. K zaznamenání parametrů byl použit počítačový software Exponent Lite. Z naměřených parametrů byly vypočítány parametry tvrdost, soudružnost, pružnost, žvýkatelnost a resilience.

Získaná data byla následně vyhodnocena ve statistickém programu Statistika 13.0 (TIBCO ČR) za využití vícefaktorové ANOVA. Jednotlivé rozdíly mezi vzorky, čili průkaznost rozdílů, byly testovány na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ pomocí Fisherova LSD testu, tedy testu nejmenšího významného rozdílu. Bylo posouzeno, zda se mezi sebou vzorky statisticky významně liší a zda má přídavek určitých surovin vliv na texturní vlastnosti daných výrobků.

8 POPIS ZÍSKANÝCH VÝSLEDKŮ

V této kapitole byly uvedeny a statisticky vyhodnoceny jednotlivé verze receptur. Bylo popsáno, jakým způsobem se na změně objemu, hmotnostní ztrátě a na texturních vlastnostech, podílí kombinace jednotlivých typů mouk nebo jakým způsobem se na změnách podílí přísady jednotlivých surovin. Výsledky byly následně porovnány také s literaturou.

8.1 Výsledky

V následujících podkapitolách jsou uvedeny a popsány jednotlivé výsledky statistické analýzy. Mouka 1 a 2 znázorňuje zhodnocení receptury, kde byly použity pouze dva druhy mouky. Mouka 2 a 3 spadají do receptury, kde byly použity celkem tři druhy mouk, ale z důvodu stejné první mouky (pohanková), byly zhodnoceny pouze vlivy mouky druhé a třetí. U některých výsledků pro dané kombinace mouk či surovin, chybí odchylky měření, které programem nebyly vyhodnoceny, a to pravděpodobně z důvodu pouze výskytu jedné hodnoty určité charakteristiky pro danou kombinaci surovin. Odlišná písmena pak u jednotlivých hodnot znázorňují průkaznou odlišnost na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

8.1.1 Specifický objem

Kombinace zvolených druhů mouk se výrazně podílely na změnách specifického objemu jednotlivých vzorků, kdy hodnoty specifického objemu, byly u některých receptur značně proměnlivé. Hodnoty specifického objemu pro jednotlivé kombinace mouk jsou uvedeny v tab. 8. Vliv přísady kypřících složek (sušené droždí, kvásek a kypřící prášek) v kombinaci s moukami (rýžová/jáhlová, rýžová/kokosová a pohanková/banánová) a dále jen s kypřícími složkami, na specifický objem pečiva, byl značný. Výsledky jsou uvedeny v tab. 9-10.

Tab. 8: Vliv kombinace dvou druhů mouk na specifický objem pečiva

Mouky 1 a 2		Specifický objem [ml/g]	Verze receptury
Rýžová	Jáhlová	$1,46 \pm 0,04^a$	1
Rýžová	Kokosová	$0,9 \pm 0,1^b$	4
Pohanková	Banánová	$1,08 \pm 0,04^c$	5
Mouky 2 a 3		Specifický objem [ml/g]	Verze receptury
Z červené rýže	Banánová	$1,37 \pm 0,06^b$	2
Čiroková	Konopná	$1,28 \pm 0,008^a$	3

Při zhodnocení jednotlivých kombinací mouk, největší specifický objem **1,46 ml/g**, vykazovaly vzorky spadající do receptury „1“, a to za použití kombinace mouk rýžová/jáhlová mouka (tedy mouky 1 a 2). Statisticky významná odlišnost této hodnoty nebyla prokázána pouze u receptury „3“, a to za kombinace mouk z červené rýže/banánová (tedy mouky 2 a 3). Nejmenší hodnota specifického objemu, a to **0,9 ml/g**, pak byla stanovena pro recepturu „4“ za použití mouky v kombinaci rýžová/kokosová. Statisticky významná odlišnost nebyla prokázána pouze u vzorků z receptury „2“, kde byla použita kombinace mouk z červené rýže/banánová.

Tab. 9: Vliv kombinace dvou druhů mouk a kypřicí složky na specifický objem pečiva

Mouky 1 a 2		Surovina 1	Specifický objem [ml/g]	Verze receptury
Rýžová	Jáhlová	Kypřicí prášek	1,44*	1
Rýžová	Jáhlová	Kvásek	1,51 ± 0,09 ^{cd}	
Rýžová	Kokosová	Kypřicí prášek	0,89 ± 0,14 ^a	4
Rýžová	Kokosová	Sušené droždí	1,21*	
Rýžová	Kokosová	Kypřicí prášek	0,89*	
Pohanková	Banánová	Kypřicí prášek	1,10 ± 0,05 ^{ab}	5
Pohanková	Banánová	Sušené droždí	1,07 ± 0,05 ^{ab}	

* směrodatná odchylka nebyla určena

Největší vliv na specifický objem pečiva, měla v případě zhodnocení kombinace mouk společně s kypřicí složkou, kombinace mouk rýžová/jáhlová s kváskem (receptura „1“), a to o hodnotě **1,51 ml/g**. Tato hodnota se statisticky významně lišila od receptur verze „5“ (pohanková/banánová mouka s přidavkem kypřicího prášku a následně sušeného droždí) a od jedné verze z receptury „4“ (kombinace rýžová/kokosová s kypřicím práškem). Nejmenší hodnotu specifického objemu vykazovala kombinace rýžová/kokosová mouka s přidavkem kypřicího prášku, a to s hodnotou **0,89 ml/g**. Tato hodnota se statisticky významně lišila pouze od kombinací mouk rýžová/jáhlová s kváskem, kam spadaly určité vzorky z receptury „1“. Odlišnosti této hodnoty mezi určitými kombinacemi, nelze vzhledem chybějícím odchylkám, statisticky významně prokázat.

Tab. 10: Vliv samotné kypřicí složky na specifický objem pečiva

Surovina	Specifický objem [ml/g]	Verze receptury
Kypřicí prášek	1,0 ± 0,3 ^a	1; 4; 5
Kvásek	1,51 ± 0,10 ^b	1
Sušené droždí	1,12 ± 0,09 ^a	2; 3; 4; 5

Při zhodnocení vlivu samotných kypřicích složek, byl největší specifický objem stanoven za použití kvásku, kde hodnota vykazovala **1,51 ml/g** (pro vzorky z receptury „1“) a statisticky významně se lišila od verzí, kde byl použit kypřicí prášek nebo sušené droždí (verze receptury „1-5“). Při použití kypřicího prášku byl specifický objem nejmenší, a to s hodnotou **1,0 ml/g**. Tato hodnota se však statisticky významně nelišila od vzorků, kde bylo použito sušené droždí (určité vzorky z receptur „2-5“).

8.1.2 Ztráty pečením

Při stanovení statisticky významné odlišnosti ztráty hmotnosti pečením, se jednotlivé kombinace mouk, značně nelišily. Výsledky ztráty pečením pro jednotlivé kombinace mouk jsou uvedeny v tab. 11. Značné rozdíly nebyly shledány také při porovnání kombinace mouk s kypřicími složkami (viz tab. 12) a dále jen samotnými kypřicími složkami (viz tab. 13)

Tab. 11: Vliv kombinace dvou druhů mouk na ztrátě pečením

Mouka 1 a 2		Ztráta pečením [%]	Verze receptury
Rýžová	Jáhlová	15 ± 1 ^a	1
Rýžová	Kokosová	19 ± 2 ^b	4
Pohanková	Banánová	15,1 ± 0,6 ^a	5
Mouky 2 a 3		Ztráta pečením [%]	Verze receptury
Z červené rýže	Banánová	14 ± 3 ^a	2
Čiroková	Konopná	12 ± 2 ^a	3

Při celkovém zhodnocení kombinací všech mouk, byly největší ztráty zaznamenány u kombinace mouk rýžová/kokosová (mouka 1 a 2), kam spadaly vzorky z receptury „4“, a to o hodnotě **19 %**. Tato hodnota se statisticky významně lišila od všech ostatních kombinací mouk a verzí receptur. Nejmenší ztráty pečením s hodnotou **12 %**, byly pak stanoveny pro kombinaci mouk čiroková/konopná (mouka 2 a 3), kam spadaly vzorky z receptury „3“. Tato hodnota se statisticky významně lišila pouze s největší hodnotou, a to v kombinaci rýžová/kokosová mouka, kam spadaly vzorky z receptury „4“.

Tab. 12: Vliv kombinace dvou druhů mouk a kypřicí složky na ztrátě pečením

Mouky 1 a 2		Surovina 1	Ztráta pečením [%]	Verze receptury
Rýžová	Jáhlová	Kypřicí prášek	14,9*	1
Rýžová	Jáhlová	Kvásek	15,3 ± 1,4 ^a	
Rýžová	Kokosová	Kypřicí prášek	19 ± 3 ^b	4
Rýžová	Kokosová	Sušené droždí	23,0*	
Rýžová	Kokosová	Kypřicí prášek	20,3*	
Pohanková	Banánová	Kypřicí prášek	15,3 ± 0,7 ^a	5
Pohanková	Banánová	Sušené droždí	14,9 ± 0,8 ^a	

* směrodatná odchylka nebyla určena

U zhodnocení kombinace mouk a kypřicí složky, lze v tabulce č. 12 vidět, že největší ztráty pečením s hodnotou **23,0 %**, byl u kombinace rýžová/kokosová mouka se sušeným droždím, kam spadaly vybrané vzorky z receptury „4“. Vzhledem ale k chybějící odchylce způsobené odlišným měřením, odlišnost u této hodnoty nelze statisticky významně prokázat. To samé lze prohlásit i u kombinace rýžová/kokosová mouka s použitím kypřicího prášku, kde byla hodnota **20,3 %**. Naopak nejmenší ztráty byly u kombinace pohanková/banánová mouka se sušeným droždím, a to o hodnotě **14,9 %**, kam spadaly vzorky z receptury „5“. Tato hodnota se statisticky významně lišila pouze od všech kombinací použitých v receptuře „4“, a to rýžová/kokosová mouka s kypřicím práškem a rýžová/kokosová mouka se sušeným droždím. Hodnota **14,9 %** u kombinace rýžová/jáhlová s kypřicím práškem, kde chybí odchylka, nebyla vyhodnocena jako nejmenší, neboť její odlišnost nelze kvůli absenci odchylky, statisticky významně prokázat.

Tab. 13: Vliv samotné kypřicí složky na ztrátě pečením

Surovina	Ztráta pečením [%]	Verze receptury
Kypřicí prášek	18 ± 3 ^a	1; 4; 5
Kvásek	15 ± 2 ^a	1
Sušené droždí	18 ± 5 ^a	2; 3; 4; 5

Při zhodnocení vlivu samotných kypřicích složek na ztrátě pečením, vykazovaly největší ztrátu vzorky, kde bylo použito sušené droždí a kypřicí prášek. Pro sušené droždí to byla hodnota **18 %** (pro vzorky z receptur „2-5“) a pro kypřicí prášek to byla hodnota **18 %** (pro určité vzorky „1“ a „4-5“). Nejmenší hodnotu ztráty pečením pak vykazovaly vzorky za použití kvásku, a to **15 %**, kam spadaly určité vzorky z receptury „1“. Statisticky významná odlišnost však mezi kypřicími složkami nebyla stanovena.

8.1.3 Tvrdost

Při statistickém vyhodnocení vlivu kombinace dvou druhů mouk na tvrdost pečiva, byly shledány značné rozdíly. Jednotlivé hodnoty pro kombinace mouk jsou uvedeny v tab. 14. V případě zhodnocení tvrdosti pečiva u kombinací mouk s kypřicími složkami (viz tab. 15) včetně kypřících složek samotných (viz tab. 16), byly mezi některými kombinacemi či složkami, proměnlivé hodnoty.

Tab. 14: Vliv kombinace dvou druhů mouk na tvrdost pečiva

Mouky 1 a 2		Tvrdost [N]	Verze receptury
Rýžová	Jáhlová	34 ± 16 ^a	1
Rýžová	Kokosová	56 ± 21 ^a	4
Pohanková	Banánová	145 ± 38 ^b	5
Mouky 2 a 3		Tvrdost [N]	Verze receptury
Z červené rýže	Banánová	46 ± 17 ^a	2
Čiroková	Konopná	69 ± 12 ^a	3

Při zhodnocení jednotlivých kombinací mouk, největší tvrdost vykazovala kombinace pohanková/banánová mouka, a to s hodnotou **145 N** kam spadaly vzorky z receptury „5“. Tato hodnota se statisticky významně lišila od všech ostatních kombinací, jak pro první a druhou mouku, tak i pro kombinace mouk druhé a třetí. Nejmenší hodnotu tvrdosti pak vykazovala kombinace rýžová/jáhlová mouka, a to s hodnotou **34 N**, kam spadaly vzorky z receptury „1“. Tato hodnota se statisticky významně lišila pouze od kombinace mouk pohanková/banánová, kam spadaly vzorky z receptury „5“.

Tab. 15: Vliv kombinace dvou druhů mouk a kypřicí složky na tvrdost pečiva

Mouky 1 a 2		Surovina 1	Tvrdost [N]	Verze receptury
Rýžová	Jáhlová	Kypřicí prášek	47 ± 6 ^{ab}	1
Rýžová	Jáhlová	Kvásek	31 ± 17 ^a	
Rýžová	Kokosová	Kypřicí prášek	56 ± 30 ^b	4
Rýžová	Kokosová	Sušené droždí	30 ± 4 ^{ab}	
Rýžová	Kokosová	Kypřicí prášek	70 ± 9 ^{bc}	
Pohanková	Banánová	Kypřicí prášek	141 ± 20 ^{cd}	5
Pohanková	Banánová	Sušené droždí	147 ± 50 ^d	

V případě zhodnocení kombinace mouk společně s kypřicími složkami, byla největší tvrdost, a to **147 N**, stanovena u kombinace mouk pohanková/banánová s využitím sušeného

droždí, kam spadaly vybrané vzorky z receptury „5“. Tato hodnota se statisticky významně lišila od všech ostatních kombinací pro dané receptury, s výjimkou kombinace pohanková/banánová mouka s využitím kypřicího prášku, kam spadaly rovněž vzorky z receptury „5“. Nejmenší hodnotu tvrdosti pak vykazovala kombinace rýžová/kokosová mouka se sušeným droždím, a to s hodnotou **30 N**, kam spadaly vybrané vzorky z receptury „4“. Tato hodnota se statisticky významně lišila pouze od kombinací pohanková/banánová mouka s kypřicím práškem (určité vzorky z receptury „5“) a pohanková/banánová mouka se sušeným droždím (určité vzorky z receptury „5“).

Tab. 16: Vliv samotné kypřicí složky na tvrdost pečiva

Surovina 1	Tvrdost [N]	Verze receptury
Kypřicí prášek	81 ± 50^b	1; 4; 5
Kvásek	31 ± 20^a	1
Sušené droždí	115 ± 70^b	2; 3; 4; 5

Při vyhodnocení vlivu pouze kypřicích složek a jejich vlivu na tvrdost pečiva, byla největší hodnota stanovena u sušeného droždí, a to o hodnotě, **115 N**, kam spadaly vzorky z receptur „2-5“. Tato hodnota se statisticky významně lišila od recepturní verze „1“ za použití kvásku a kdy vzorky za použití této kypřicí složky zároveň vykazovaly nejmenší tvrdost, a to **31 N**.

8.1.4 Soudružnost

Soudružnost pečiva, nebyla v případě jednotlivých kombinací mouk, až tak proměnlivá. Jednotlivé hodnoty pro kombinace mouk jsou uvedeny v tab. 17. Avšak u porovnání vlivu kombinací mouk s kypřicími složkami (viz tab. 18) a dále jen samostatných kypřicích složek, na soudružnost pečiva, byly značné statisticky významné rozdíly (viz tab. 19).

Tab. 17: Vliv kombinace dvou druhů mouk na soudružnost pečiva

Mouka 1 a 2		Soudružnost [%]	Verze receptury
Rýžová	Jáhlová	$2,18 \pm 0,08^c$	1
Rýžová	Kokosová	$1,9 \pm 0,2^b$	4
Pohanková	Banánová	$1,50 \pm 0,03^a$	5
Mouky 2 a 3		Soudružnost [%]	Verze receptury
Z červené rýže	Banánová	$1,7 \pm 0,1^a$	2
Čiroková	Konopná	$1,74 \pm 0,13^a$	3

Při zhodnocení jednotlivých kombinací mouk, největší hodnotu soudružnosti, a to **1,74 %**, vykazovala kombinace mouk 2 a 3 (čiroková/konopná), kam spadaly vzorky z receptury „3“. Naopak nejmenší hodnota soudružnosti pečiva, a to **1,50 %**, byla stanovena u kombinace mouk 1 a 2 (pohanková/banánová mouka), kam spadaly vzorky z receptury „5“. Největší hodnota se statisticky významně lišila od receptur „1“ (rýžová/jáhlová mouka) a od receptury „4“ (rýžová/kokosová mouka). Stejně tak se i nejmenší hodnota statisticky významně lišila od receptur „1“ a „4“.

Tab. 18: Vliv kombinace dvou druhů mouk a kypřicí složky na soudružnost pečiva

Mouky 1 a 2		Surovina 1	Soudružnost [%]	Verze receptury
Rýžová	Jáhlová	Kypřicí prášek	$2,07 \pm 0,03^d$	1
Rýžová	Jáhlová	Kvásek	$2,21 \pm 0,06^e$	
Rýžová	Kokosová	Kypřicí prášek	$2,0 \pm 0,3^d$	4
Rýžová	Kokosová	Sušené droždí	$1,84 \pm 0,07^c$	
Rýžová	Kokosová	Kypřicí prášek	$1,95 \pm 0,20^c$	
Pohanková	Banánová	Kypřicí prášek	$1,50 \pm 0,03^a$	5
Pohanková	Banánová	Sušené droždí	$1,87 \pm 0,04^b$	

Soudružnost pečiva zhodnocená u kombinace jednotlivých mouk společně s kypřicí složkou, byla největší pro kombinaci rýžová/jáhlová mouka s kváskem, a to s hodnotou **2,21 %**, kam spadaly určité vzorky z receptury „1“. Tato hodnota se statisticky významně lišila od všech ostatních kombinací, a to od vzorků z receptury „1“ (rýžová/jáhlová mouka s kypřicím práškem, rýžová/jáhlová mouka se sušeným droždím), od vzorků z receptury „5“ (pohanková/banánová mouka s kypřicím práškem a pohanková banánová mouka se sušeným droždím) a od vzorků z receptury „4“ (rýžová/kokosová mouka s kypřicím práškem a rýžová kokosová mouka se sušeným droždím). Naopak hodnotu s nejmenší soudružností vykazovala kombinace rýžová/kokosová mouka se sušeným droždím, a to o hodnotě **1,84 %**, kam spadaly určité vzorky receptury „4“ (rýžová/kokosová mouka s kypřicím práškem). Statisticky významná odlišnost nejmenší hodnoty soudružnosti od ostatních kombinací mouk, nebyla prokázána pouze u kombinace rýžová/kokosová mouka se sušeným droždím, tedy pro určité vzorky z receptury „4“.

Tab. 19: Vliv samotné kypřicí složky na soudružnost pečiva

Surovina 1	Soudružnost [%]	Verze receptury
Kypřicí prášek	$1,8 \pm 0,3^a$	1; 4; 5
Kvásek	$2,21 \pm 0,06^c$	1
Sušené droždí	$1,59 \pm 0,17^b$	2; 3; 4; 5

Při zhodnocení vlivu samotných kypřicích složek, vykazovaly největší hodnotu soudružnosti vzorky za využití kvásku, a to o hodnotě **2,21 %**. Naopak nejmenší hodnota soudružnosti byla stanovena u vzorků za použití sušeného droždí, a to o hodnotě **1,59 %**. Obě tyto hodnoty se statisticky významně lišily od hodnoty za použití kypřicího prášku i mezi sebou.

8.1.5 Pružnost

Vliv kombinace jednotlivých mouk na pružnost pečiva, nebyl až tak značný a hodnoty nebyly moc proměnlivé (viz tab. 20). Stejně tak nebyly shledány značné rozdíly při zhodnocení vlivu kombinace mouk společně s kypřicími složkami (viz tab. 21) a dále jen samotnými kypřicími složkami (viz tab. 22).

Tab. 20: Vliv kombinace dvou druhů mouk na pružnost pečiva

Mouka 1 a 2		Pružnost [%]	Verze receptury
Rýžová	Jáhlová	$0,46 \pm 0,05^a$	1
Rýžová	Kokosová	$0,62 \pm 0,07^b$	4
Pohanková	Banánová	$0,61 \pm 0,04^b$	5
Mouky 2 a 3		Pružnost [%]	Verze receptury
Z červené rýže	Banánová	$0,58 \pm 0,09^a$	2
Čiroková	Konopná	$0,54 \pm 0,08^a$	3

Největší pružnost pečiva byla v případě jednotlivých kombinací mouk, stanovena pro mouky 1 a 2, a to pro kombinaci rýžová/kokosová mouka s hodnotou **0,62 %**, kam spadaly vzorky z receptury „4“. Tato hodnota se statisticky významně nelišila pouze od kombinace pohanková/banánová mouka, kam spadaly vzorky z receptury „5“. Naopak nejmenší hodnota pružnosti byla u kombinace rýžová/jáhlová mouka, a to **0,46 %**, kam spadaly vzorky z receptury „1“. Statisticky významná odlišnost této hodnoty byla prokázána pouze s kombinacemi rýžová/kokosová (určité vzorky z receptury „4“) a pohanková/banánová mouka (určité vzorky z receptury „5“).

Tab. 21: Vliv kombinace dvou druhů mouk a kypřicí složky na pružnost pečiva

Mouky 1 a 2		Surovina 1	Pružnost [%]	Verze receptury
Rýžová	Jáhlová	Kypřicí prášek	0,469 ± 0,015 ^a	1
Rýžová	Jáhlová	Kvásek	0,79 ± 1,10 ^a	
Rýžová	Kokosová	Kypřicí prášek	0,62 ± 0,09 ^{abc}	4
Rýžová	Kokosová	Sušené droždí	0,70 ± 0,06 ^c	
Rýžová	Kokosová	Kypřicí prášek	0,60 ± 0,03 ^{bc}	
Pohanková	Banánová	Kypřicí prášek	0,60 ± 0,04 ^{abc}	5
Pohanková	Banánová	Sušené droždí	0,61 ± 0,04 ^{bc}	

V případě zhodnocení jednotlivých kombinací mouk společně s kypřicími složkami, největší pružnost vykazovaly určité vzorky z receptury „1“ (kombinace mouk rýžová/jáhlová), a to o hodnotě **0,79 %**. Tato hodnota se statisticky významně lišila s kombinacemi mouk rýžová/kokosová se sušeným droždím (určité vzorky z receptury „4“ a pohanková/banánová mouka se sušeným droždím (určité vzorky z receptury „5“). Nejmenší hodnota pružnosti pak byla stanovena u kombinace rýžová/jáhlová mouka s kypřicím práškem, a to **0,469 %**. Tato hodnota se statisticky významně lišila se stejnými kombinacemi jako hodnota nejvyšší, tedy vybrané vzorky z receptury „4“ a „5“.

Tab. 22: Vliv samotné kypřicí složky na pružnost pečiva

Surovina 1	Pružnost [%]	Verze receptury
Kypřicí prášek	0,59 ± 0,08 ^b	1; 4; 5
Kvásek	0,79 ± 1,10 ^a	1
Sušené droždí	0,64 ± 0,06 ^b	2; 3; 4; 5

Při zhodnocení vlivu samotných kypřicích složek na pružnost pečiva, byla největší hodnota stanovena u kvásku, a to **0,79 %**, kam spadaly vzorky z receptury „1“. Tato hodnota se statisticky významně lišila od ostatních kypřicích složek (kypřicí prášek a sušené droždí). Nejmenší pružnost pak vykazovaly určité vzorky z receptury „1“ a „4-5“, a to za použití kypřicího prášku, kde hodnota pružnosti byla **0,59 %**. Statisticky významná odlišnost byla v tomto případě se vzorky, kde byl použit kvásek (tedy určité vzorky z receptury „1“).

8.1.6 Žvýkatelnost

Při zhodnocení vlivu kombinací mouk na žvýkatelnost pečiva, nebyly shledány značné statisticky významné rozdíly (viz tab. 23). Při zhodnocení vlivu mouk společně s kypřicími

složkami (viz tab. 24) a dále jen samotnými kypřicími složkami (viz tab. 25), nebyly také shledány, až tak značné statisticky významné rozdíly.

Tab. 23: Vliv kombinace dvou druhů mouk na žvýkatelnost pečiva

Mouka 1 a 2		Žvýkatelnost [N]	Verze receptury
Rýžová	Jáhlová	33 ± 14 ^a	1
Rýžová	Kokosová	66 ± 24 ^b	4
Pohanková	Banánová	132 ± 40 ^c	5
Mouky 2 a 3		Žvýkatelnost [N]	Verze receptury
Z červené rýže	Banánová	45 ± 20 ^a	2
Čiroková	Konopná	64 ± 10 ^a	3

Žvýkatelnost u jednotlivých kombinací mouk, byla nejvíce proměnlivá v případě kombinací mouk 1 a 2. Při celkovém zhodnocení daných kombinací, největší hodnotu žvýkatelnosti vykazovala kombinace mouk pohanková/banánová, tedy vzorky z receptury „5“, a to o hodnotě **132 N**. Tato hodnota se statisticky významně lišila od všech zbylých kombinací, tudíž receptur „1-4“. Nejmenší hodnota žvýkatelnosti byla pak stanovena u kombinace mouk z červené rýže/banánová, a to **45 N**. Statisticky významná odlišnost byla v tomto případě prokázána se vzorky z receptury „4“ (rýžová/kokosová mouka) a se vzorky z receptury „5“ (pohanková/banánová mouka).

Tab. 24: Vliv kombinace dvou druhů mouk a kypřicí složky na žvýkatelnost pečiva

Mouky 1 a 2		Surovina 1	Žvýkatelnost [N]	Verze receptury
Rýžová	Jáhlová	Kypřicí prášek	45 ± 4 ^{ab}	1
Rýžová	Jáhlová	Kvásek	30 ± 14 ^a	
Rýžová	Kokosová	Kypřicí prášek	66 ± 30 ^b	4
Rýžová	Kokosová	Sušené droždí	38 ± 3 ^{ab}	
Rýžová	Kokosová	Kypřicí prášek	82 ± 15 ^{bc}	
Pohanková	Banánová	Kypřicí prášek	128 ± 30 ^c	5
Pohanková	Banánová	Sušené droždí	136 ± 50 ^c	

Žvýkatelnost pečiva byla v případě jednotlivých kombinací společně s kypřicími složkami, poměrně proměnlivá a byly shledány odlišnosti. Největší hodnotu žvýkatelnosti v tomto případě vykazovala kombinace mouk pohanková/banánová se sušeným droždím, a to o hodnotě **136 N**, kam spadaly určité vzorky z receptury „5“. Tato hodnota se statisticky významně lišila od kombinací z receptury „1“ (rýžová/jáhlová mouka s kypřicím práškem a rýžová/jáhlová mouka s kváskem) a od dvou kombinací z receptury „4“ (rýžová/kokosová

mouka s kypřicím práškem a rýžová/kokosová mouka se sušeným droždím). Nejmenší hodnota žvýkatelnosti, a to **38 N**, pak byla stanovena u kombinace rýžová/kokosová mouka se sušeným droždím, kam spadal vzorek z receptury „4“. Tato hodnota se statisticky významně lišila od kombinací spadající do receptury „5“, a to pohanková/banánová mouka s kypřicím práškem a pohanková/banánová mouka se sušeným droždím.

Tab. 25: Vliv samotné kypřicí složky na žvýkatelnost pečiva

Surovina 1	Žvýkatelnost [N]	Verze receptury
Kypřicí prášek	84 ± 40^b	1; 4; 5
Kvásek	30 ± 15^a	1
Sušené droždí	109 ± 70^b	2; 3; 4; 5

Při zhodnocení vlivu samotných kypřicích složek, byla největší hodnota žvýkatelnosti, a to **109 N**, stanovena pro vzorky, kde bylo použito sušené droždí (tedy vzorky z receptury „2-3“ a vybrané vzorky z receptury „4-5“). Tato hodnota se statisticky významně lišila od vzorků, kde byl použit kvásek (vzorky z receptury „1“) a kde zároveň vzorky s využitím kvásku vykazovaly nejmenší hodnotu žvýkatelnosti, a to **30 N**. Tato hodnota se statisticky významně lišila od zbývajících dvou kypřicích složek (kypřicí prášek a sušené droždí).

8.1.7 Resilience

Vliv jednotlivých kombinací mouk na resilienci pečiva, nebyl až tak proměnlivý. Hodnoty pro jednotlivé kombinace jsou uvedeny v tab. 26. V případě zhodnocení vlivu kombinací mouk společně s kypřicími složkami (viz tab. 27) a dále jen samotných kypřicích složek (viz tab. 28), byla statisticky významná odlišnost mezi jednotlivými kombinacemi a složkami, daleko patrnější.

Tab. 26: Vliv kombinace dvou druhů mouk na resilienci pečiva

Mouka 1 a 2		Resilience [Pa]	Verze receptury
Rýžová	Jáhlová	$0,21 \pm 0,03^a$	1
Rýžová	Kokosová	$0,32 \pm 0,06^b$	4
Pohanková	Banánová	$0,41 \pm 0,03^c$	5
Mouky 2 a 3		Resilience [Pa]	Verze receptury
Z červené rýže	Banánová	$0,34 \pm 0,08^a$	2
Čiroková	Konopná	$0,31 \pm 0,06^a$	3

V případě zhodnocení jednotlivých kombinací mouk, největší hodnotu resilience, a to **0,41 Pa**, vykazovala kombinace mouk pohanková/banánová, kam spadaly vzorky z receptury „5“. Tato hodnota se statisticky významně lišila od všech ostatních kombinací, tedy receptur „1-4“. Nejmenší hodnota pak byla stanovena u kombinace rýžová/jáhlová mouka, a to **0,21 Pa**, kam spadaly vzorky z receptury „1“. Tato hodnota se statisticky významně lišila od kombinace rýžová/kokosová (vzorky z receptury „4“) a od kombinace pohanková/banánová mouka (vzorky z receptury „5“).

Tab. 27: Vliv kombinace dvou druhů mouk a kypřicí složky na resilienci pečiva

Mouky 1 a 2		Surovina 1	Resilience [Pa]	Verze receptury
Rýžová	Jáhlová	Kypřicí prášek	0,227 ± 0,005 ^a	1
Rýžová	Jáhlová	Kvásek	0,21 ± 0,03 ^a	
Rýžová	Kokosová	Kypřicí prášek	0,32 ± 0,07 ^{bc}	4
Rýžová	Kokosová	Sušené droždí	0,38 ± 0,05 ^{cd}	
Rýžová	Kokosová	Kypřicí prášek	0,31 ± 0,04 ^{abc}	
Pohanková	Banánová	Kypřicí prášek	0,40 ± 0,03 ^d	5
Pohanková	Banánová	Sušené droždí	0,41 ± 0,04 ^d	

V případě jednotlivých kombinací mouk s kypřicími složkami, nebyly hodnoty až tak proměnlivé, nicméně i přes to byly prokázány statisticky významné odlišnosti. Největší hodnota resilience, a to **0,41 Pa**, byla stanovena u kombinace mouk pohanková/banánová se sušeným droždím, kam spadaly určité vzorky receptury „5“. U této hodnoty nebyla statisticky významná odlišnost prokázána s kombinací rýžová/kokosová mouka se sušeným droždím (určitý vzorek z receptury „4“) a s kombinací pohanková/banánová mouka s kypřicím práškem (určité vzorky z receptury „5“). Naopak nejmenší hodnotu resilience vykazovaly vzorky z receptury „1“ za použití kombinace rýžová/jáhlová mouka s kváskem, a to o hodnotě **0,21 Pa**. Tato hodnota se statisticky významně lišila od vybraných vzorků z receptury „4“ (kombinace mouk rýžová/kokosová s kypřicím práškem a rýžová/kokosová se sušeným droždím) a dále od vzorků spadajících do receptury „5“ (kombinace mouk pohanková/banánová se sušeným droždím a pohanková/banánová s kypřicím práškem).

Tab. 28: Vliv samotné kypřicí složky na resilienci pečiva

Surovina 1	Resilience [Pa]	Verze receptury
Kypřicí prášek	0,33 ± 0,08 ^b	1; 4; 5
Kvásek	0,21 ± 0,03 ^a	1
Sušené droždí	0,40 ± 0,04 ^c	2; 3; 4; 5

Při posouzení vlivu samotných kypřicích složek na resilienci pečiva, byla největší hodnota stanovena pro vzorky, kde bylo použito sušené droždí. Hodnota byla **0,40 Pa** a statisticky významně se lišila od ostatních kypřicích složek (tedy určité vzorky spadající do receptur „1“ a „4-5“. Statisticky významná odlišnost byla také prokázána pro nejmenší hodnotu resiliencie, kterou vykazovaly vzorky za použití kvásku (vzorky z receptury „1“), a to o hodnotě **0,21 Pa**.

9 DISKUZE VÝSLEDKŮ S LITERATUROU

9.1.1 Vliv kombinace mouk a surovin na specifický objem pečiva

Největší hodnoty specifického byly stanoveny u vzorků, kde byla použita kombinace rýžová/jáhlová mouka a kvásek. Jednalo se o vzorky z receptury „1“ a zahrnovala čtyři varianty. Dva vzorky sloužily jako standardy (pouze s obsahem kypřicí složky, a to kvásku a kypřicího prášku), zbylé dva byly vyrobeny s přidavkem sušeného mléka a sušených vajec a s přidavkem jablečné vlákniny a xantanové gumy.

Nejmenší hodnota pak byla stanovena u kombinace rýžová/kokosová mouka s kypřicím práškem. Sem spadaly vzorky z receptury „4“, kde bylo celkem vyrobeno pět variant. Opět dva vzorky sloužily jako standardy (pouze s obsahem kypřicí složky, a to kvásku a kypřicího prášku). Další tři vzorky byly vyrobeny s přidavkem různých vláknin (psyllium, jablečná a bambusová vláknina). Nejmenší hodnota specifického objemu jako vlivu samotné kypřicí složky, byla stanovena u kypřicího prášku, kam spadaly určité vzorky z receptury „1“ a „4-5“.

Specifický objem mohl být ovlivněn hned několika faktory, ať už kombinací mouk a druhu kypřicích složek, tak i popř. dalšími surovinami, které byly do receptur přidány. Suroviny s vysokým obsahem škrobu jsou důležité z hlediska gelatinizace škrobových granul, která nastává v průběhu pečení a která může podpořit zadržování oxidu uhličitého (CO₂). U Burešová a kol. (2017) byly porovnány vlivy amarantové, pohankové, kukuřičné, quinoové, jáhlové a cizrnové mouky, které byly přidány k těstu vyrobeného z rýžové mouky a kde se předpokládaly po přidavku značné změny. Přídavek jáhlové mouky k rýžové, který byl zkoušen v různých množstvích, však způsobil zhoršení těsta (nízká pórovitost, malá pružnost střídy aj.). I přesto, že v experimentální části diplomové práce, nebyla testována receptura za použití pouze rýžové mouky, byly výrobky s jáhlovou moukou velmi přijatelné a i oproti ostatním kombinacím mouk, vykazovaly lepší texturní vlastnosti. Pravděpodobně se na objemu pečiva mohly podílet i další suroviny, které byly pro danou recepturu využity, a to hlavně přídavek jablečné vlákniny (2,7 %) a xantanové gumy (0,16 %). Přídavek sušeného mléka a sušených vajec, které se přidávají hlavně za účelem zvýšení nutriční hodnoty, však také mohou přispět ke zlepšení objemu pečiva (Moroni a kol., 2009). Využití xanthanu bylo popsáno u Lazaridou a kol. (2017), kde byly hodnoceny kvalitativní parametry bezlepkového pečiva za využití různých hydrokoloidů. Avšak vliv xanthanu přímo na specifický objem, nebyl zcela prokázán. Kučerová a kol. (2013) pak popsali, že přídavek různých druhů vláknin (1 a 3 %) nejenže pozměňuje sensorické vlastnosti, ale také

se podílí na snížení objemu pečiva. Vlivy použití kvasu na reologické vlastnosti těsta pak byly zmíněny u Bender a kol. (2020), kde při optimálně zvoleném poměru surovin a následně i množství kvasu přidaného do těsta, se docílilo zlepšení vlastností těsta. Hlavní podíl na tom má rozvoj kvasinek, které produkují CO₂ a také rozvoj bakterií mléčného kvašení, které naopak okyselují těsto, což může zlepšit chování škrobu nebo rozpustnost proteinů a tím vést ke zlepšení texturních vlastností těsta.

Nejnižší hodnota specifického objemu byla u rýžová/kokosová mouka, kde byly přídavky tří různých vláknin, což by mohl být právě onen důvod, že právě tato kombinace vedla k malému specifickému objemu. Dalším důvodem však mohla být i přítomnost kokosové mouky, která sama o sobě vykazuje velké množství vlákniny, která může na 100 g dosahovat až přes 60 % množství z celkového nutričního složení (Trinidad a kol., 2006). Texturní vlastnosti může značně ovlivnit kvalita mouky, a to jakým způsobem mletí byla získána. Nevhodně zvolenou mlecí metodou se mohou značným způsobem poškodit škrobové granule, které mohou zásadně ovlivnit nejen specifický objem, ale také tvrdost, soudružnost i žvýkatelnost. Také byly testovány různé způsoby mletí rýžové mouky. Jako neúčinnější se jevila tzv. metoda mokrého mletí (anglicky wet milling method), při které škrobové granule zůstaly nejméně poškozené, což se následně promítlo do kvality bezpečnostních výrobků (Wu a kol., 2019).

9.1.2 Vliv kombinace mouk a surovin na ztráty pečením

Největší ztráty pečením byly u kombinací mouk rýžová/kokosová s využitím sušeného droždí (vzorky z receptury „4“), kde u stejné kombinace byly zároveň stanoveny i nejnižší hodnoty specifického objemu. Největší ztráty byly také stanoveny za použití sušeného droždí a kypřicího prášku. Největší ztráty byly pravděpodobně způsobeny tím, že při přípravě těsta u receptury „4“, byl oproti jiným recepturám nutný větší přídavek použitého množství vody, což mělo za následek i větší odpar vody během pečení a tím pádem i větší ztráty na hmotnosti pečením. U De La Hera a kol. (2014) byla také zkoumána hrubost daných mouk a jejich souvislost se schopností hydratace, jenž se na ztrátě hmotnosti také podílely. Nejmenší ztráty pečením pak vykazovaly všechny tři vzorky z receptury „3“, kde byla použita kombinace mouk čiroková/konopná. Jednalo se o vzorky, kde jeden byl jako standard a u zbylých dvou byl přídavek sušeného mléka a sušených vajec a dále vzorek, kde byl přídavek hrachového proteinu s aquafabou. V další studii byly také studovány různé stupně mletí při výrobě čirokové mouky. Různá granulace mouky se pak podílela na schopnosti absorpci vody, což značně ovlivnilo texturní vlastnosti výrobku. Přídavek

konopně mouky se na hmotnostních ztrátách mohl také podílet. I když se konopná mouka používá hlavně k obohacení pečiva, může změnit i funkční vlastnosti výrobky, a to díky svému chemickému složení (převážně vliv škrobových či neškrobových polysacharidů), (Trappey a kol., 2014). U Korus a kol. (2017) byl testován vliv konopné mouky při výrobě bezlepkového pečiva, kde se konopná mouka jevila jako vhodnou surovinou pro zlepšení řady texturních i funkčních vlastností. Průkaznost konopné mouky na redukci odparu vody však nebyla stanovena. Nejmenší hodnotu také vykazovaly vzorky z receptury „5“, kde byla kombinace pohanková/banánová se sušeným droždím (tedy jeden vzorek jako standard a jeden s přídatkem bramborového škrobu). Při vyhodnocení samostatného vlivu kypřících složek, byla největší hodnota hmotnostní ztráty stanovena u vzorků, kde bylo použito sušené droždí nebo kypřicí prášek, tedy pro určité vzorky z receptur „1-5“. Tyto hodnoty mohly být způsobeny právě rozdílnou velikostí částic jednotlivých mouk. U kombinace čiroková/konopná mouka i pohanková/banánová mouka se sušeným droždím, byla velikost částic hrubší a množství spotřebované vody bylo o dost menší, než tomu bylo u kombinace vykazující největší hmotnostní ztráty. Hrubší částice totiž nejsou schopny tolik zadržovat množství vody, než je tomu u mouk s jemnější hrubostí.

9.1.3 Vliv kombinace mouk a surovin na tvrdost

Největší tvrdost pečiva byla u kombinace mouk pohanková/banánová (vzorky z receptury „5“, tedy jeden standard a jeden vzorek s přídatkem bramborového škrobu) a u kombinací, kde vzorky obsahovaly sušené droždí, u něž byla hodnota na tvrdost ze všech kypřících složek největší (určité vzorky z receptur „2-5“). Naopak nejmenší hodnoty tvrdosti byly zaznamenány u kombinace, která zároveň vykazovala největší objem, a to rýžová/jáhlová mouka. U zhodnocení kombinace mouk společně s kypřicí složkou, byla nejnižší tvrdost zaznamenána u kombinace rýžová/kokosová se sušeným droždím (tedy vzorek jako standard z receptury „4“) a u kypřicí složky kvásku, kam spadaly pouze vzorky z receptury „1“ (jeden vzorek jako standard a dva vzorky s přídatkem sušeného vejce a mléka a s přídatkem jablečné vlákniny a xantanové gummy).

Vlivy na tvrdost pečiva mohl být způsobeny mnoha faktory. Jedním z nich mohlo být např. množství použité vody v receptuře nebo také kvalita a zastoupení škrobu v jednotlivých druzích mouk. Na texturních vlastnostech těsta i výrobku se podílí i stupeň poškození škrobových granulí. Také retrogradace škrobu, která se po upečení děje, předurčuje texturní vlastnosti výsledného pečiva a zásadně ovlivňuje trvanlivost výrobků. Druh škrobu a množství amylozy a amylopektinu, také předurčuje různý stupeň bobtnání a gelování, který

je dán i jejich vzájemným poměrem či molekulovým uspořádáním struktury složek škrobu (Dle Wu a kol., 2019). U De La Hera a kol. (2014) bylo také popsáno, že se zvyšující se hrubostí částic, se snižovala i tvrdost výrobků, neboť i stupeň vymletí mouk se podílí na reologických vlastnostech těsta. Avšak v tomto případě muselo být také použité optimální množství vody, tedy větší. V experimentální části diplomové práce však nelze tuto skutečnost přímo potvrdit. Největší tvrdost u kombinace pohanková/banánová mouka byla pravděpodobně způsobena jiným vlivem, a to z důvodu, že u této kombinace nebyl statisticky prokázán větší specifický objem. Banánová mouka obsahuje vyšší podíl rezistentního škrobu, který se chová jako vláknina a kde přídavek banánové mouky v receptuře, mohl tvrdost zvýšit. Přídavek banánové mouky byl také popsán K. Ng., Bhaduri a kol. (2012), a to při výrobě muffinů, kde použitá mouka snižovala jejich kvalitu. Přídavkem banánové mouky se snížil objem, zvýšila žvýkatelnost a tvrdost. Tvrdost u kombinace rýžová/jáhlová mouka, mohl v některých případech snížit i přídavek xanthanu a jablečné vlákniny. Přidávky hydrokoloidů do těsta mohou vést ke zvýšení stability těsta a k blokaci retrogradaci škrobu, díky čemuž je pak u výrobků delší trvanlivost (Mikuš a kol., 2011).

9.1.4 Vliv kombinace mouk a surovin na soudružnost

U soudružnosti, byly nejvyšší hodnoty, stejně jako v případě specifického objemu, u kombinace rýžová/jáhlová mouka a u kombinace či vzorků, kde byla jako kypřící složka zvolen kvásek, tedy opět tři vzorky z receptury „1“, kde byly (kromě standardu) přidány ještě suroviny sušené mléko a sušená vejce a jablečná vláknina a xantanová guma. Nejmenší hodnotu soudružnosti vykazovaly kombinace, které měly největší hodnotu tvrdosti, a to pohanková/banánová mouka a ty kombinace a vzorky, které obsahovaly ve své receptuře sušené droždí (tedy vzorky z receptury „2“ a „3“ a vzorek jako standard z receptury „4“ a vzorek jako standard a s vzorek s přídavkem bramborového škrobu z receptury „5“.

Vliv na soudružnost pečiva měly pravděpodobně stejné faktory, které se podílely i na tvrdosti a objemu jednotlivých výrobků. Nejvyšší soudružnost mohla být způsobena výběrem kombinace mouk popř. zapříčiněna přídavkem surovin jako xantanová guma nebo kvásek. U Lazaridou a kol., (2017) a Bender a kol. (2020) byly použití těchto surovin popsáno. Suroviny se podílely na zlepšení mechanických a texturních vlastnostech pečiva. Stejně tak lze předpokládat i u nejnižší hodnoty, vliv kombinace mouk pohanková/banánová mouka, které se podílely na zvýšení tvrdosti výrobku. U banánové mouky také záleží, z jakých banánů byla vyrobena, protože různé stupně zralosti banánů obsahují odlišné zastoupení škrobů, které mají následně vliv při technologickém zpracování pečiva (Roman

a kol., 2019). Přídavek bramborového škrobu, který byl přidán u vzorku z receptury „5“, pravděpodobně velký vliv na texturní vlastnosti neměl. U Mariusz a kol. (2019) byly testovány waxy škroby, které oproti běžným škrobům vykazovaly lepší texturní vlastnosti. Také je důležité zvolit optimální množství škrobu, kde nadměrné množství může naopak tvrdost pečiva zvýšit. V receptuře „2“, kde byla použita kombinace mouk z červené rýže/banánová a jako kypřicí složka sušené droždí, lze předpokládat, že se na soudružnosti hlavně podílel přídavek banánové mouky. Mouka z červené rýže dokáže vlastnosti těsta také pozměnit. Tato mouka byla testována při výrobě slaného a sladkého pečiva. Zásadní negativní vliv na kvalitu pečiva však nebyl prokázán. Pro zlepšení jejich vlastností pak byla testována např. extruze za vysokých teplot (Das a kol., 2019).

9.1.5 Vliv kombinace mouk a surovin na pružnost

Nejvyšší pružnost byla stanovena u kombinací, které zároveň vykazovaly nejvyšší ztrátu pečením a nejnižší specifický objem, a to kombinace rýžová/kokosová mouka, kam patřily vzorky z receptury „4“ a u kombinací rýžová/jáhlová s kváskem (tři vzorky z receptury „1“). Nejvyšší pružnost byla stanovena i u zhodnocení samotné kypřicí složky, a to kvásku (pouze pro tři vzorky z receptury „1“). Nejmenší hodnotu pružnosti vykazovaly vzorky, které měly i nejvyšší tvrdost, a to v kombinaci pohanková/banánová mouka (tedy vzorky z receptury „5“, tedy jeden standard a jeden vzorek s obsahem bramborového škrobu) a ty vzorky, kde bylo použito sušené droždí, které měly hodnotu soudružnosti z kypřicích složek nejnižší (tedy vzorky z receptury „2“ a „3“, jeden vzorek z receptury „4“ (standard) a jeden vzorek jako standard z receptury „5“).

Jako příčinou ovlivnění pružnosti lze opět předpokládat hlavně vliv dané kombinace mouk. Na základě různých druhů mouk, se každá už na pohled odlišovala rozličnou hrubostí. Hrubost mouk se na změně reologických i texturních vlastnostech značně podílí, neboť proces mletí ovlivňuje i funkčnost škrobových granulí (Wu a kol., 2019). Jak už bylo zmíněno, banánová mouka obsahuje větší množství rezistentního škrobu, který se chová podobně jako vláknina, tudíž přídavek banánové mouky mohl pružnost značně ovlivnit. Vliv této mouky byl popsán u K., Ng., Bhaduri a kol. (2012) při výrobě bezlepkových muffinů, kde se kvalita muffinů po přidavku značně snížila. Zatímco u Torbica a kol. (2010) byly testovány dva druhy pohankové mouky (z loupané a neloupané pohanky), jejichž vliv na texturní vlastnosti byl pozitivní i negativní. Oba dva druhy se v kombinaci s rýžovou moukou podílely na oslabení proteinové sítě (vliv na popraskanou strukturu výrobku), ale na druhou stranu se mouka z neloupané pohanky podílela na pozastavení retrogradace

škrobu, takže pečivo tím pádem vydrželo déle čerstvé. V případě pak vyhodnocení vlivu samotné kypřicí složky pak lze předpokládat značnou míru ovlivnění právě recepturním složením, do kterého byla kypřicí složka přidána a ve kterém pak plně nemohla uplatnit své funkční vlastnosti, neboť nejmenší pružnost vykazovaly receptury za použití kypřicího prášku.

9.1.6 Vliv kombinace mouk a surovin na žvýkatelnost

Největší hodnoty žvýkatelnosti vykazovaly vzorky z receptury „5“, tedy pro kombinaci pohanková/banánová mouka, u které byla stanovena i nejvyšší tvrdost a nejnížší soudružnost. Nejvyšší hodnota žvýkatelnost byla také stanovena pro stejnou kombinaci, kde bylo použito sušené droždí, tedy vzorky z receptury „5“ (jeden vzorek jako standard a jeden vzorek s přidavkem bramborového škrobu). V případě zhodnocení vlivu samotné kypřicí složky, nejvyšší hodnotu žvýkatelnosti vykazovaly vzorky za použití sušeného droždí, tedy vzorky z receptury „2“ a „3“, jeden vzorek jako standard z receptury „4“ dva vzorky z receptury „5“ (opět jeden vzorek jako standard a jeden vzorek s přidavkem bramborového škrobu). U těchto vzorků byly také vyzkoušeny varianty za přidavku proteinů (hrachový protein a aquafaba). Z výsledků statistiky však usoudit, že přidavek těchto surovin, texturní vlastnosti pečiva moc nezlepšil. U Gallacher a kol. (2003) byly pospány přidavky proteinů do bezlepkového pečiva, které se v určitém množství podílely na zlepšení texturních vlastností. Určité proteiny se vyznačují i dobrou absorpcí vody a pro optimální vývoj textury pečiva je také důležitá jejich interakce se škroby. Při větším množství však mohou proteiny způsobit značnou tuhost pečiva.

Naopak nejmenší žvýkatelnost vykazovaly vzorky z receptury „1“, a to za kombinace rýžová/jáhlová mouka a dále také v kombinaci s kváskem. Stejných výsledků se docílilo i u stanovení tvrdosti. V tomto případě lze říci, že se dle tvrdosti střídy také odrážela žvýkatelnost, kde čím větší byla tvrdost bezlepkového pečiva, tím více narůstala i žvýkatelnost.

9.1.7 Vliv kombinace mouk a surovin na resilienci

Nejvyšší hodnota resiliencie byla stanovena u stejné kombinace, která zároveň vykazovala nejvyšší tvrdost a žvýkatelnost a také nejnížší soudružnost. Jednalo se o kombinace pohanková/banánová mouka. Stejně tak tomu bylo i pro tuto kombinaci společně s přidavkem sušeného droždí, kam spadaly vzorky z receptury „5“. Jednalo se o stejné vzorky jako u žvýkatelnosti. Nejmenší hodnotu resiliencie pak vykazovala kombinace, u

kteří byl zároveň nejvyšší specifický objem, a to v kombinaci rýžová/jáhlová mouka a její kombinace s kváskem, tedy tři vzorky z receptury „1“ (jeden vzorek jako standard a dva vzorky s přidáním sušeného mléka a sušených vajec a s přidáním xantanové gumy a jablečné vlákniny). Resilienci lze chápat jako snahu pečiva se vrátit do původní výšky, kterou vzorek měl ještě před kompresí. U kombinace rýžová/jáhlová mouka mohl být vliv způsoben přidáním hydrokoloidů a zvolením kypřicí složky jako kvásku. Obě tyto suroviny přispívají k lepšímu rozvoji těsta a ke zlepšení texturních vlastností pečiva. U kombinace pohankové/banánové mouky byl důvod pravděpodobně stejný, jako tomu bylo u stanovení pružnosti a kde v tomto případě hrál roli i škrob. Lze zmínit i to, že při absenci lepku, dochází u bezlepkového pečiva k odlišné migraci vody v těstě, a tak většina výrobků se projevuje tvrdší kůrkou, ale měkčí střídou (Gallacher a kol., 2003; Pico a kol., 2019).

ZÁVĚR

V souvislosti s nárůstem osob trpících intolerancí lepku nebo alergií, roste také poptávka po bezlepkovém pečivu. Dalším důvodem je i poptávka ze strany osob, kteří se snaží pouze pozměnit svůj životní styl, a to konkrétně změnou svého jídelníčku. Nevýhodou bezlepkového pečiva je však jeho nízká kvalita oproti běžnému pečivu, kde lze zmínit nutriční složení pečiva nebo jeho texturní vlastnosti. A právě kvalita bezlepkového pečiva, konkrétně texturní vlastnosti, byly v této diplomové práci, testovány.

Bylo zjištěno, že se jednotlivé kombinace i suroviny chovaly místy proměnlivě, nicméně nejlepších výsledků bylo statisticky prokázáno u kombinace mouk rýžová/jáhlová a za použití kypřicí složky kvásku. Zlepšení texturních vlastností mohlo být způsobeno přidavkem hydrokoloidu (xantanové gumy) popř. vlákniny nebo proteinů. Využití kvásku při výrobě pak předurčuje lepší vývin a chování těsta během pečení.

Naopak nejhorší vlastnosti vykazovala kombinace pohanková/banánová mouka za využití kypřicího prášku nebo sušeného droždí. Hlavním důvodem jednotlivých změn bylo pravděpodobně odlišné chování škrobu během pečení a následné reakce po upečení, kdy jednotlivé škroby pocházející z různých plodin, mají odlišné funkční vlastnosti (stupeň bobtnání, gelace, retrogradace aj.). Jednotlivé mouky mohly také obsahovat různé množství poškozených škrobových granul, které mohly být způsobeny mlecími metodami. Poškozené granule pak značným způsobem ovlivňují texturní vlastnosti pečiva. Dalším důvodem mohl být i přídatek bramborového škrobu, který v určitém (větším) množství může texturní vlastnosti zhoršit.

Závěrem lze říci, že pro podrobnější zhodnocení jednotlivých surovin, by bylo vhodné v experimentu dále pokračovat a více prozkoumat ovlivnění kvalitativních parametrů v závislosti na použitých surovinách a jejich chování během pečení a následně i po. Vhodným postupem by mohlo být také pozměnění receptur, aby u jednotlivých kombinací mohly být ozkoušeny všechny kombinace surovin. Zároveň by bylo vhodné prozkoumat chování jednotlivých mouk o různých granulacích, a to společně i s danými surovinami. Vzhledem k ne zcela vhodnému nutričnímu složení bezlepkových výrobků, lze také doporučit, aby se následný výzkum zabýval i cestou o nutriční zlepšení bezlepkového pečiva.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ADVENI MEDICAL, spol. s r.o. Bezlepkova.com – malá balení. *Bezlepkova.com – Bezlepková dieta zdravě a chutně* [online]. Copyright © 2020 [cit. 22-03-2020]. Dostupné z: <https://www.bezlepkova.com/mouky-z-bezlepkovych-plodin-male>

ACHUDAN, Shamini Nair, Abdul Manan DOS MOHAMED, Rinanin Shima Abd RASHID a Peter MITTIS. Yield and physicochemical properties of starch at different sago palm stages. *Materials Today: Proceedings* [online]. 2020 [cit. 2020-03-12]. DOI: 10.1016/j.matpr.2020.01.341. ISSN 22147853. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2214785320304405>

AGUILAR, Núria, Elena ALBANELL, Begoña MIÑARRO a Marta CAPELLAS. Chickpea and tiger nut flours as alternatives to emulsifier and shortening in gluten-free bread. *LWT – Food Science and Technology* [online]. 2015, 62(1), 225-232 [cit. 2020-03-09]. DOI:10.1016/j.lwt.2014.12.045. ISSN 00236438. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643814008342>

ALVAREZ-JUBETE, Laura, Mark AUTY, Elke K. ARENDT a Eimear GALLAGHER. Baking properties and microstructure of pseudocereal flours in gluten-free bread formulations. *European Food Research and Technology* [online]. 2010, 230(3), 437-445 [cit. 2020-03-24]. DOI: 10.1007/s00217-009-1184-z. ISSN 1438-2377. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00217-009-1184->

AMINI KHOZANI, Amir, Biniam KEBEDE a Alaa EL-DIN AHMED BEKHIT. Rheological, textural and structural changes in dough and bread partially substituted with whole green banana flour. *LWT* [online]. 2020, 126 [cit. 2020-03-22]. DOI: 10.1016/j.lwt.2020.109252. ISSN 00236438. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643820302401>

BENDER, Denisse a Regine SCHÖNLECHNER. Innovative approaches towards improved gluten-free bread properties. *Journal of Cereal Science* [online]. 2020, 91 [cit. 2020-04-03]. DOI: 10.1016/j.jcs.2019.102904. ISSN 07335210. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0733521019306150>

Bezpečnost potravin A-Z. *Lektiny. Internetový portál bezpečnosti potravin* – [online]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/76669.aspx>

BJARNADOTTIR, Adda. What is gluten, and why is it bad for some people? *Medical News Today*. 2017-08-01. [cit. 2020-03-10]. Dostupné z: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/318606>

BLANCO, Carlos A., Felicidad RONDA, Blanca PÉREZ a Valentín PANDO. Improving gluten-free bread quality by enrichment with acidic food additives. *Food Chemistry* [online]. 2011, 127 (3), 1204-1209 [cit. 2020-02-20]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.01.127. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814611002342>

BHATIA, Bhavnit K., Jilian W. MILLSOP, Maya DEBBANEH, John KOO, Eleni LINOS a Wilson LIAO. Diet and psoriasis, part II: Celiac disease and role of a gluten-free diet. *Journal of the American Academy of Dermatology* [online]. 2014, 71(2), 350-358 [cit. 2020-01-28]. DOI: 10.1016/j.jaad.2014.03.017. ISSN 01909622. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0190962214012444>

BOYE, Joyce, Fatemeh ZARE a Alison PLETCH. Pulse proteins: Processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. *Food Research International* [online]. 2010, 43(2), 414-431 [cit. 2020-03-07]. DOI: 10.1016/j.foodres.2009.09.003. ISSN 09639969. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996909002683>

BUHL, Tina F. Claus H. CHRISTENSEN a Marianne HAMMERSHØJ. Aquafaba as an egg white substitute in food foams and emulsions. Protein composition and functional behavior. *Food Hydrocolloids* [online]. 2019, 6, 354-364 [cit. 2020.03-06]. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2019.05.041. ISSN 0268005X. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0268005X18321349>

BULKOVÁ, Věra. *Rostlinné potraviny*. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2011. ISBN 978-80-7013-532-7.

BUREŠOVÁ, Iva, Marián TOKÁR, Ján MAREČEK, Luděk HŘIVNA, Oldřich FAMĚRA a Viera ŠOTTNÍKOVÁ. The comparison of the effect of added amaranth, buckwheat, chickpea, corn, millet and quinoa flour on rice dough rheological characteristics, textural and sensory quality of bread. *Journal of Cereal Science* [online]. 2017, 75, 158-164 [cit. 2020-04-02]. DOI: 10.1016/j.jcs.2017.04.004. ISSN 07335210. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0733521017300590>

CAMPUZANO, Ana, Cristina M. ROSELL a Fabiola CORNEJO. Physicochemical and nutritional characteristic of banana flour during ripening. *Food Chemistry* [online]. 2018, 256, 11-17 [cit. 2020-03-08]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.02.113. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814618303510>

COBB, Cynthia. What to know about dermatitis herpetiformis. *Medical News Today*. 2019-02-07 [cit. 2020-03-10]. Dostupné z: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/324394>

CORNICELLI, Miriam, Michela SABA, Nicoletta MACHELLO, Marco SILANO a Susanna NEUHOLD. Nutritional composition of gluten-free food versus regular food sold in the Italian market. *Digestive and Liver Disease* [online]. 2018, 50(12), 1305-1308 [cit. 2020-04-24]. DOI: 10.1016/j.dld.2018.04.028. ISSN 15908658. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1590865818307254>

CORREA, M. J., M. C. AÑÓN, G. T. PÉREZ a C. FERRERO. Effect of modified celluloses on dough rheology and microstructure. *Food Research International* [online]. 2010, 43(3), 780-787 [cit. 2020-03-04]. DOI: 10.1016/j.foodres.2009.11.016. ISSN 09639969. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996909003573>

DAS, Amit Baran a Suvendu BHATTACHARYA. Characterization of the batter and gluten-free cake from extruded red rice flour. *LWT* [online]. 2019, 102, 197-204 [cit. 2020-04-06]. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.12.026. ISSN 00236438. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643818310843>

DE LA HERA, Esther, Cristina M. ROSELL a Manuel GOMEZ. Effect of water content and flour particle size on gluten-free bread quality and digestibility. *Food Chemistry* [online]. 2014, 151, 526-531 [cit. 2020-04-27]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.11.115. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814613018037>

DJORDJEVIĆ, Marijana, Dragana ŠORONJA-SIMOVIĆ, Ivana NIKOLIĆ, Miljana DJORDJEVIĆ, Zita ŠEREŠ a Marija MILAŠINOVIĆ-ŠEREMEŠIĆ. Sugar beet and apple fibres coupled with hydroxypropylmethylcellulose as functional ingredients in gluten-free formulations: Rheological, technological and sensory aspects. *Food Chemistry* [online]. 2019, 295, 189-197 [cit. 2020-03-13]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.05.066. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S030881461930860X>

ESPINOSA-RAMÍREZ, Johanan, Raquel GARZON, Sergio O. SERNA-SALDIVAR a Cristina M. ROSELL. Functional and nutritional replacement of gluten in gluten-free yeast-leavened breads by using β -conglycinin concentrate extracted from soybean flour. *Food Hydrocolloids* [online]. 2018, 84, 353-360 [cit. 2020-03-13]. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2018.06.021. ISSN 0268005X. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0268005X18304521>

EUR-Lex – Acces to European Union law – choose your language [online]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:02009R0041-2009210&from=CS>

FALCK, Suzzane, a). All about celiac disease. *Medical News Today*. 2017-02-15 [cit. 2020-03-10]. Dostupné z: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/3808>

FELISBERTO, Mária Herminia Ferrari, Patricia Satie Endo MIYAKE, Antonio Ludovico BERALDO a Maria Teresa Pedrosa Silva CLERICI. Young bamboo culm: Potential food as source of fiber and starch. *Food Research International* [online]. 2017, 101, 96-102 [cit. 2020-03-14]. DOI: 10.1016/j.foodres.2017.08.058. ISSN 09639969. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S096399691730515X>

FERRERO, Cristina. Hydrocolloids in wheat breadmaking: A concise review. *Food Hydrocolloids* [online]. 2017, 68, 15-22 [cit. 2020-02-28]. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2016.11.044. ISSN 0268005X. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S268005X16309171>

FRATELLI, Camilly, Denise G. MUNIZ, Fernanda G. SANTOS a Vanessa D. CAPRILES. Modelling the effects of psyllium and water in gluten-free bread: An approach to improve the bread quality and glycemic response. *Journal of Functional Foods* [online]. 2018, 42, 339-345 [cit. 2020-03-14]. DOI: 10.1016/j.jff.2018.01.015. ISSN 17564646. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1756464618300227>

GABROVSKÁ, Dana a kol. *Obiloviny v lidské výživě*. 1. vydání. Potravinářská Komora České republiky. Česká technologická platforma pro potraviny, Praha: 2015. ISBN 978-80-87250-28-0

GALLAGHER, E, T. R GORMLEY a E. K ARENDT. Crust and crumb characteristics of gluten free breads. *Journal of Food Engineering* [online]. 2003, 56(2-3), 153-161 [cit. 2020-04-04]. DOI: 10.1016/S0260-8774(02)00244-3. ISSN 02608774. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877402002443>

GALLAGHER, E, T.R GORMLEY a E.K ARENDT. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends in Food Science & Technology* [online]. 2004, 15(3-4), 143-152 [cit. 2020-04-27]. DOI: 10.1016/j.tifs.2003.09.012. ISSN 09242244. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924224403002590>

GANI, Adil, Shama NAZIA, Sajad A. RATHER, S. M. WANI, Asima SHAH, Mudasir BASHIR, F. A. MASOODI a Asir GANI. Effect of γ -irradiation on granule structure and physiochemical properties of starch extracted from two types of potatoes grown in Jammu & Kashmir, India. *LWT – Food Science and Technology* [online]. 2014, 58(1), 239-246 [cit. 2020-02-26]. DOI: 10.1016/j.lwt.2014.03.008. ISSN 00236438. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643814001443>

GIRALDO-GÓMEZ, Gloria I., Sneyder RODRÍGUEZ-BARONA a Nancy R. SANABRIA-GONZÁLEZ. Preparation of instant green banana flour powders by an extrusion proces. *Powder Technology* [online]. 2019, 353, 437-443 [cit. 2020-03-08]. DOI: 10.1016/powtec.2019.05.050. ISSN 00325910. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retriece/pii/S0032591019303961>

GUARDA, A., C. M. ROSELL, C. BENEDITO a M. J. GALOTTO. Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. *Food Hydrocolloids* [online]. 2004, 18(2), 241-247 [cit. 2020-02-21]. DOI: 10.1016/S0268-005X(03)00080-8. ISSN 0268005X. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retriev/pii/S0268005X03000808>

GULL, Amir, Gulzar Ahmad NAYIK, Kamlesh PRASAD, Pradyuman KUMAR a Fatih YILDIZ. RETRACTED ARTICLE: Nutritional, technological, and medical approach of finger millet (*Eleusine coracana*). *Cogent Food & Agriculture* [online]. 2015, 1(1) [cit. 2020-03-22]. DOI: 10.1080/23311932.2015.1090897. ISSN 2331-1932. Dostupné z: <https://www.cogentoa.com/article/10.1080/23311932.2015.1090897>

HAGER, Anna-Sophie, Anika WOLTER, Fritz JACOB, Emanuele ZANNINI a Elke K. ARENDT: Nutritional properties and ultra-structure of commercial gluten free flours from different botanical sources compared to wheat flours. *Journal of Cereal Science* [online]. 2012, 56(2), 239-247 [cit. 2020-03-02]. DOI: 10.1016/j.jcs.2012.06.005. ISSN 07335210. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0733521012001221>

HAMADA, Schigeki, Keitaro SUZUKI, Noriaki AOKI a Yasuhiro SUZUKI. Improvements in the qualities of gluten-free bread after using a protease obtained from *Aspergillus oryzae*. *Journal of Cereal Science* [online]. 2013, 57(1), 91-97 [cit. 2020-02-17]. DOI:10.1016/j.jcs.2012.10.008. ISSN 07335210. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0733521012002305>

HAN, Jeeyup (Jay), Jennifer A. M. JANZ a Mindy GERLAT. Development of gluten-free cracker snacks using pulse flours and fractions. *Food Research International* [online]. 2010, 43(2), 627-633 [cit. 2020-03-24]. DOI: 10.1016/j.foodres.2009.07.015. ISSN 09639969. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996909002233>

HATTA, Eriko, Kenji MATSUMOTO a Yuji HONDA. Bacillolysin, papain and subtilisin improve the quality of gluten-free rice bread. *Journal of Cereal Science* [online]. 2015, 61, 41-47 [cit. 2020-02-18]. DOI:10.1016/j.jcs.2014.10.004. ISSN 0732335210. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0733521014001830>

HORSTMANN, Stefan, Kieran LYNCH a Elke ARENDT. Starch Characteristics Linked to Gluten-Free Products. *Foods* [online]. 2017, 6(4) [cit. 2020-02-29]. DOI: 10.3390/foods6040029. ISSN 230-8158. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2304-8158/6/4/29>

Internetový portál bezpečnosti potravin – Bezpečkové výrobky s modifikovaným tapiakovým škrobem. *Internetový portál bezpečnosti potravin* – [online]. Copyright © 2018 [cit. 2020-02-26]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/bezpeckove-vyrobyky-s-modifikovanim-tapiokovym-skrobem.aspx>

KORUS, Jarosław, Mariusz WITCZAK, Rafał ZIOBRO a Lesław JUSZCZAK. Hemp (*Cannabis sativa* subsp. *sativa*) flour and protein preparation as natural nutrients and structure forming agents in starch based gluten-free bread. *LWT* [online]. 2017, 84, 143-150 [cit. 2020-04-04]. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.05.046. ISSN 00236438. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643817303614>

KRUPA, Urszula, Cristina M. ROSELL, SADOWSKA Jadwiga a Maria SORAL-ŚMIETANA. Bean starch as a ingredient for glute-free bread. *Journal of Food Processing and Preservation* [online]. 2010, 34, 501-518 [cit. 2020-03-11]. DOI. 1111/j.1745-4549.2009.00366.x. ISSN 01458892. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1745-4549.2009.00366.x>

KUČEROVÁ, J., V. ŠOTTNÍKOVÁ a Š. NEDOMOVÁ. Influence of dietary fibre addition on the rheological and sensory properties of dough and bakery products. *Czech Journal of Food Sciences* [online]. 2013, 31(4), 340-346 [cit. 2020-04-02]. DOI: 10.17221/352/2012-CJFS. ISSN 12121800. Dostupné z: <http://www.agriculturejournals.cz/web/cjfs.htm?volume=31&firstPage=340&type=publishedArticle>

LANG, Gustavo Heinrich, Dianini Hüttner KRINGEL, Tanize dos Santos ACUNHA, Cristiano Dietrich FERREIRA, Álvaro Renato Guerra DIAS, Elessandra da Rosa ZAVAREZE a Maurício DE OLIVEIRA. Cake of brown, black and red rice: Influence of transglutaminase on technological properties, in vitro starch digestibility and phenolic compounds. *Food Chemistry* [online]. 2020, 318 [cit. 2020-03-16]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.126480. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814620303423>

LAZARIDOU, A., D. DUTA, M. PAPAGEORGIOU, N. BELC a C. G. BILIADERIS. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulation. *Journal of Food Engineering* [online]. 2007, 79(3), 1033-1047 [cit. 2020-02-20]. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2006.03.032 ISSN 02608774. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877406003025>

MARTÍNEZ, Mario M., Álvaro DÍAZ a Manuel GÓMEZ. Effect of different microstructural features of soluble and insoluble fibres on gluten-free dough rheology and bread-making. *Journal of Food Engineering* [online]. 2014, 142, 49-56 [cit. 2020-03-13]. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2014.06.020. ISSN 02608774. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877414002611>

MICHAËLLSON, G., B. GERDÉN, E. HAGFORSEN, B. NILSON, I. PIHL-LUNDIN, W. KRAAZ, G. HJELMQUUIST A L. LÖÖF. Psoriasis patients with antibodies to gliadin can be improved by a gluten-free diet. *British Journal of dermatology* [online]. 200, 142(1), 44-51 [cit. 2020-01-31]. DOI: 10.1046/j.1365-2133.2000.03240.x. ISSN 00070963. Dostupné z <https://doi.wiley.com/10.10146/j.1365-2133.2000.03240.x>

MIKUŠ, Lubomír, Lubomír VALÍK a Ladislav DODOK. Usage of hydrocolloids in cereal technology. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* [online]. 2011, 59(5), 325-334 [cit. 2020-04-02]. DOI: 10.11118/actaun201159050325. ISSN 1211-8516. Dostupné z: <https://acta.mendelu.cz/59/5/0325/>

MISSBACH, Benjamin, Lukas SCHWINGSHACKL, Alina BILLMANN, Aleksandra MYSTEK, Melanie HICKELSBERGER, Gregor BAUER a Jürgen KÖNIG. Gluten-free food database: the nutritional quality and cost of packaged gluten-free foods. *PeerJ* [online]. 2015, 3 [cit. 2020-04-24]. DOI: 10.7717/peerj.1337. ISSN 2167-8359. Dostupné z: <https://peerj.com/articles/1337>

MORONI, Alice V., Fabio DAL BELLO a Elke K. ARENDT. Sourdough in gluten-free bread-making: An ancient technology to solve a novel issue? *Food Microbiology* [online]. 2009, 26(7), 676-684 [cit. 2020-04-03]. DOI: 10.1016/j.fm.2009.07.001. ISSN 07400020. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0740002009001634>

MUN, Saehun a Malshick SHIN. Molecular structures of rice starch to investigate the differences in the processing quality of rice flours. *Food Science and Biotechnology* [online]. 2018, 27(4), 107-1014 [cit. 2020-03-12]. DOI: 10.1007/s10068-018-0330-4. ISSN 1226-7708. Dostupné z: <https://link.springer.com/10.1007/s10068-018-0330-4>

NILLAND, Benjamin, Cash B. D. Health Benefits and Adverse Effects of a Gluten-Free Diet in Non-Celiac Disease Patients. *Gastroenterology and hepatology* [online]. 2018, 14(2), s. 82-91 [cit. 2020-01-25]. Dostupné z: <https://ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC586637>

NG, K., S. BHADURI, R. GHATAK a K. P. NAVDER. Effect of Banana Flour on the Physical, Textural and Sensory Characteristics of Gluten-Free Muffins. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics* [online]. 2012, 112(9) [cit. 2020-04-03]. DOI: 10.1016/j.jand.2012.06.211. ISSN 22122672. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2212267212010064>

NUNES, Maria Helena B., Michelle M. MOORE, Liam A. M. RYAN a Elke K. ARENDT. Impact of emulsifiers on the quality and rheological properties of gluten-free breads and batters. *Europeas Food Research and Technology* [online]. 2009, 228(4), 633-642 [cit. 2020-03-09]. DOI: 1.107/s00217-008-0972-1. ISSN 1438-2377. Dostupné z: <https://link.springer.com/10.1007/s00217-008-0972-1>

NUSS, Emily T. a SherryA. TANUMIHARDJO. Maize: A Paramount Staple Crop in the Context of Global Nutrition. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* [online]. 2010, 9(4), 417-436 [cit. 2020-03-02] DOI: 10.1111/j.1541-4337.2010.00117.x ISSN 15414337. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1541-4337.2010.00117.x>

NYEMBWE, Patricia M. Henriëtte L. DE KOCK a John R. N. TAYLOR. Potential of defatted marama flour-cassava starch composites to produce functional gluten-free bread-type dough. *LWT* [online]. 2018, 92, 429-434 [cit. 2020-03-10]. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.02.062. ISSN 00236438. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643818302019>

OLSEN, Natalie. Is gluten-free diet good for your health? *Medical News Today*. 2018-19-02 [cit. 2020-03-10]. Dostupné z: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/288406>

PALAVECINO, Pablo Martín, María Cecilia PENCI a Pablo Daniel RIBOTTA. Impact of chemical modifications in pilot-scale isolated sorghum starch and commercial cassava starch. *International Journal of Biological Macromolecules* [online]. 2019, 135, 521-529 [cit. 2020-03-12]. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.5.202. ISSN 01418130. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0141813019313650>

PACYŃSKI, Mauriusz, Renata Zawirska WOJTASIAK a Sylwia MILDNER-SZKUDLARZ. Improving the aroma of gluten-free bread. *LWT – Food Science and Technology* [online]. 2015, 63(1), 706-713 [cit. 2020-02-17]. DOI: 10.1016/j.lwt.2015.03.032. ISSN 00236438. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S00236438115001851>

PICO, Joana, Montserrat P. REGUILÓN, José BERNAL a Manuel GÓMEZ. Effect of rice, pea, egg white and whey proteins on crust quality of rice flour-corn starch based gluten-free breads. *Journal of Cereal Science* [online]. 2019, 86, 92-101 [cit. 2020-04-04]. DOI: 10.1016/j.jcs.2019.01.014. ISSN 07335210. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0733521018305940>

PRASAD, Balasubramaniam Jaya, Pazhaniyandi Subramania SHARAVANAN a Rengaraj SIVARAJ. Health benefits of black rice – A review. *Grain & Oil Science and Technology* [online]. 2019, 2(4), 109-113 [cit. 2020-03-16]. DOI: 10.1016/j.gaost.2019.09.005. ISSN 25902598. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2590259819300469>

PRUGAR, Jaroslav. *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí*. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský ve spolupráci s komisí jakosti rostlinných produktů ČAZV, 2008. ISBN 978-80-86576-28-2.

RATNAYAE, W. S. a D. S. JACKSON. STARCH – Sources and Processing. *Encyclopedia of Food Science and Nutrition* [online]. Elsevier, 2003, s. 5567-5572 [cit. 2020-03-03]. DOI: 10.1016/B0-12-227055-X/01142-1. ISBN 9780122270550. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B012227055X011421>

REDDY, Chagam KOTESWARA, Fei LUAN a Baojun XU. Morphology, crystallinity, pasting, thermal and quality characteristics of starches from adzuki bean (*Vigna angularis L.*) and edible kudzu (*Pueraria thomsonii Benth*). *International Journal of Biological Macromolecules* [online]. 2017, 105, 354-362 [cit. 2020-03-12]. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2017.07.052. ISSN 01418130. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S014183017306463>

ROMAN, Laura, Manuel GOMEZ, Bruce R. HAMAKER a Mario M. MARTINEZ. Banana starch and molecular shear fragmentation dramatically increase structurally driven slowly digestible starch in fully gelatinized bread crumb. *Food Chemistry* [online]. 2019, 274, 664-671 [cit. 2020-04-03]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.09.023. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814618315929>

ROSELL, C. M., E. SANTOS a C. COLLAR. Physico-chemical properties of commercial fibres from different sources: A comparative approach. *Food Research International* [online]. 2009, 42(1), 176-184 [cit. 2020-03-14]. DOI: 10.1016/j.foodres.2008.10.003. ISSN 09639969. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996908001968>

SINGH, Narphinder, Sandeep SINGH a Khetan SHEVKANI. Maize: Composition, Bioactive Constituents and Unleavened Bread. *Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention* [online]. Elsevier, 2011, 2011, s. 89-99 [cit. 2020-02-24]. DOI: 10.1016/B978-0-12-380886-8.10009-1. ISBN 9780123808868. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123808868100091>

SCHOBER, Tilman J. Scott R. BEAN, Daniel L. BOYLE a Seok-Ho PARK. Improved viscoelastic zein-starch doughs for leavened gluten-free breads: Their rheology and microstructure. *Journal of Cereal Science* [online]. 2008, 48(3), 755-767 [cit. 2020-03-04]. DOI: 10.1016/j.jcs.2008.04.004. ISSN 07335210. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0733521008000908>

SCHOENLECHNER, Regine, Susanne SIEBENHANDL a Emmerich BERGHOFER. Pseudocereals. *Gluten-Free Cereal Products and Beverages* [online]. Elsevier, 2008, 149-VI [cit. 2020-02-12]. DOI: 10.1016/B978-012373739-7.50009-5. ISBN 9780123737397. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B978012373739750009>

SILVA, Marcos Fellipe, Michele Eliza Cortazzo MENIS-HENRIQUE, Mária Herminia Ferrari FELISBERTO, Rosana GOLDBECK a Maria Teresa Pedrosa Silva CLERICI. Bamboo as an eco-friendly material for food and biotechnology industries. *Current Opinion in Food Science* [online]. 2020 [cit. 2020-03-13]. DOI: 10.1016/j.cofs.2020.02.008. ISSN 22147993. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2214799320300199>

SHARIF, Hafiz Rizwan, Peter A. WILLIAMS, Mian Kamran SHARIF, Shabbar Abbas, Hamid MAJEED, Kingsley George MASAMBA, Waseem and modified legume proteins as emulsifiers and encapsulants – A review. *Food Hydrocolloids* [online]. 2018, 76, 2-16 [cit. 2020-03-07]. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2017.01.002. ISSN 0268005X. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0268005X17300048>

TOMIĆ, Jelena, Aleksandra TORBICA a Miona BELOVIĆ. Effect of non-gluten proteins and transglutaminase on dough rheological properties and quality of bread based on millet (*Panicum miliaceum*) flour. *LWT* [online]. 2020, 118 [cit. 2020-04-01]. DOI: 10.1016/j.lwt.2019.108852. ISSN 00236438. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643819311946>

TORBICA, Aleksandra, Miroslav HADNAĐEV a Tamara DAPČEVIĆ. 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 [cit. 2020-03-22]. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2010.03.004. ISSN 0268005X. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0268005X10000494>

TRAPPEY, Emily Frederick, Hanna KHOURYIEH, Fadi ARAMOUNI a Thomas HERALD. Effect of sorghum flour composition and particle size on quality properties of gluten-free bread. *Food Science and Technology International* [online]. 2014, 21(3), 188-202 [cit. 2020-04-04]. DOI: 10.1177/1082013214523632. ISSN 1082-0132. Dostupné z: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1082013214523632>

TRINIDAD, Trinidad P., Aida C. MALLILLIN, Divinagracia H. VALDEZ et. al. Dietary fiber from coconut flour: A functional food. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* [online]. 2006, 7(4), 309-317 [cit. 2020-03-08]. DOI: 10.1016/j.ifset.2004.04.003. ISSN 14668564. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1466856406000452>

VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin*. Tábor: OSSIS, 1999. ISBN 80-902391-3-7.

WITZAK, Mauriusz, Rafał ZIOBRO, Lesław JUSCZAK a Jarosław KORUS. Starch and starch derivates in gluten-free systems – A review. *Journal of Cereal Science* [online]. 2016, 67, 46-57 [cit. 2020-03-10]. DOI: 10.1016/j.jcs.2015.07.007. ISSN 07335210. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0733521015300382>

WU, Tong, Lili WANG, Yan LI, et al. Effect of milling methods on the properties of rice flour and gluten-free rice bread. *LWT* [online]. 2019, 108, 137-144 [cit. 2020-04-03]. DOI: 10.1016/j.lwt.2019.03.050. ISSN 00236438. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643819302452>

XUE, Peiyu, Yue ZHAO, Chengrong WEN, Sheng CHENG a Songyi LIN. Effects of electron beam irradiation on physiochemical properties of corn flour and improvement of the gelatinization inhibition. *Food Chemistry* [online]. 2017, 233, 467-475 [cit. 2020-02-24]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.04.152. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814617307343>

ZHANG, Duqin, Taihua MU a Hongnan SUN. Comparative study of the effect of starches from five different sources on the reological properties of gluten-free model doughs. *Carbohydrate Polymers* [online]. 2017, 176, 345-355 [cit. 2020-03-09]. DOI: 10.1016/j.carbpol.2017.08.025. ISSN 01448617. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0144861717308792>

ZHANG, Pingyi, Roy L. WHISTLER, James N. BEMILLER a Bruce R HAMAKER. Banana starch: production, physicochemical properties and digestibility – a review. *Carbohydrate Polymers* [online]. 2005, 59(4), 443-458 [cit. 2020-03-11]. DOI: 10.1016/j.carbpol.2004.10.014. ISSN 01448617. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0144861704004023>

ZHU, Fan. Structure, physicochemical properties, and uses of millet starch. *Food Research International* [online]. 2014, 64, 200-211 [cit. 2020-04-02]. DOI: 10.1016/j.foodres.2014.06.026. ISSN 09639969. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996914004219>

ZIOBRO, Rafał, Jarosław KORUS, Marius WITCZAK a Lesław JUSZCAK. Influence of modified starches on properties of gluten-free dough and bread. Part II: Quality and staling of gluten-free bread. *Food Hydrocolloids* [online]. 2012, 29(1), 68-74 [cit. 2020-02-26]. DOI:10.1016/j.foodhyd.2012.02.009. ISSN 0268005X. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0268005X12000409>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Aj.	a jiné
Apod.	a podobně
Atd.	a tak dále
Např.	například
Str.	strana
Tzv.	takzvaně
Viz	vizte
Vs	versus
°C	stupeň Celsia
%	procento
„“	uvozovky
α	alfa
β	beta
γ	gama
κ	kappa
ω	omega
g	gram
h	hodina
ml	mililitr
ADA	acetylovaný adipát škrobu (z anglického jazyka acetylated distarch adipate)
ACS	acetylovaný kukuřičný škrob (z anglického jazyka acetylated corn starch)
EBI	iradiace pomocí elektronů (anglicky electron beam irradiation)
CMC	karboxymetyl celulóza
HACS starch)	vysoce amyložní kukuřičný škrob (z anglického jazyka high amylose corn starch)

HDP	chemicky modifikovaný škrob (anglicky hydroxypropyl distarch phosphate)
HPMC	hydroxypropyl metylcelulóza
N	Newton
Pa	Pascal
pH	(z angl. potential of hydrogen - vodíkový exponent)
CO ₂	oxid uhličitý
NaCl	chlorid sodný
ml/g	mililitr na gram

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Vzorky po upečení (receptura „1-3“)	96
Obr. 2 Vzorky po upečení (receptura „4-5“)	96
Obr. 3 Jednotlivé vzorky připravené pro texturní profilovou analýzu.....	97

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Chemické složení běžných škrobových plodin v % (Horstmann a kol., 2017).....	21
Tab. 2: Chemické složení netradičních škrobových plodin v % (Horstmann a kol., 2017).	22
Tab. 3: Použité suroviny a navážky pro recepturu 1.....	49
Tab. 4: Použité suroviny a navážky pro recepturu 2.....	49
Tab. 5: Použité suroviny a navážky pro recepturu 3.....	50
Tab. 6: Použité suroviny a navážky pro recepturu 4.....	50
Tab. 7: Použité suroviny a navážky pro recepturu 5.....	51
Tab. 8: Vliv kombinace dvou druhů mouk na specifický objem pečiva	55
Tab. 9: Vliv kombinace dvou druhů mouk a kypřicí složky na specifický objem pečiva ...	56
Tab. 10: Vliv samotné kypřicí složky na specifický objem pečiva	56
Tab. 11: Vliv kombinace dvou druhů mouk na ztrátě pečením.....	57
Tab. 12: Vliv kombinace dvou druhů mouk a kypřicí složky na ztrátě pečením	58
Tab. 13: Vliv samotné kypřicí složky na ztrátě pečením.....	58
Tab. 14: Vliv kombinace dvou druhů mouk na tvrdost pečiva.....	59
Tab. 15: Vliv kombinace dvou druhů mouk a kypřicí složky na tvrdost pečiva	59
Tab. 16: Vliv samotné kypřicí složky na tvrdost pečiva.....	60
Tab. 17: Vliv kombinace dvou druhů mouk na soudružnost pečiva	60
Tab. 18: Vliv kombinace dvou druhů mouk a kypřicí složky na soudružnost pečiva	61
Tab. 19: Vliv samotné kypřicí složky na soudružnost pečiva	62
Tab. 20: Vliv kombinace dvou druhů mouk na pružnost pečiva	62
Tab. 21: Vliv kombinace dvou druhů mouk a kypřicí složky na pružnost pečiva	63
Tab. 22: Vliv samotné kypřicí složky na pružnost pečiva	63
Tab. 23: Vliv kombinace dvou druhů mouk na žvýkatelnost pečiva.....	64
Tab. 24: Vliv kombinace dvou druhů mouk a kypřicí složky na žvýkatelnost pečiva	64
Tab. 25: Vliv samotné kypřicí složky na žvýkatelnost pečiva.....	65
Tab. 26: Vliv kombinace dvou druhů mouk na resilienci pečiva	65
Tab. 27: Vliv kombinace dvou druhů mouk a kypřicí složky na resilienci pečiva.....	66
Tab. 28: Vliv samotné kypřicí složky na resilienci pečiva	66

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Foto vzorků po upečení

Příloha P II: Příprava vzorků pro texturní profilovou analýzu

PŘÍLOHA P I: FOTO VZORKŮ PO UPEČENÍ

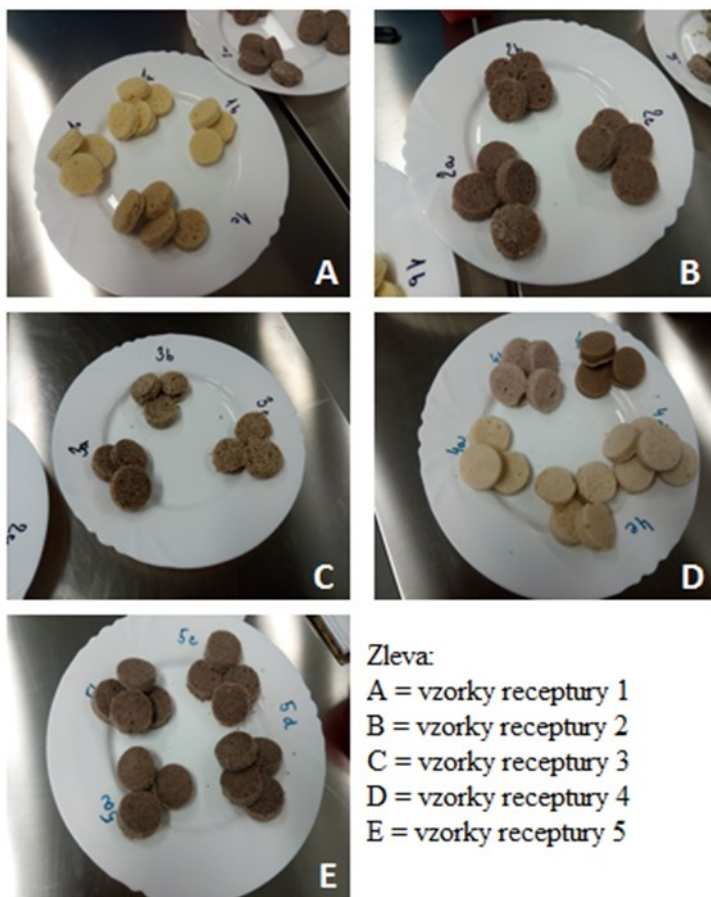


Obr. 1 Vzorky po upečení (receptura „1-3“)



Obr. 2 Vzorky po upečení (receptura „4-5“)

PŘÍLOHA P II: PŘÍPRAVA VZORKŮ PRO TEXTURNÍ PROFILOVOU ANALÝZU



Obr. 3 Jednotlivé vzorky připravené pro texturní profilovou analýzu