

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N 4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Agropodnikání

Katedra: Katedra krajinného managementu

Vedoucí katedry: doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

HODNOCENÍ KVALITY BEZLEPKOVÝCH POTRAVIN
SE ZAMĚŘENÍM NA PEČIVO

Vedoucí diplomové práce: Ing. Dana Jirotková, Ph. D.

Konzultant diplomové práce: Dr. Ing. Jaromír Kadlec

Autor diplomové práce: Bc. Helena Zimmelová

České Budějovice, 2019

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Zemědělská fakulta

Akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Bc. Helena ZIMMELOVÁ
Osobní číslo: Z17043
Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství
Studijní obor: Agropodnikání
Téma práce: Hodnocení kvality bezpečkových potravin se zaměřením na pečivo
Zadávací katedra: Katedra potravní biotechnologií a kvality zemědělských produktů

Zásady pro vypracování

V populaci přibývá počet lidí trpících celiakií, intolerancí na lepek i lidí s alergií na některé obsahující obiloviny obsahující lepek. Běžně dostupné pečivo je nutné při dodržování diety nahradit pečivem vyrobeným z kukuřice, rýže, sóji, či jiných alternativních plodin. Vhodnou vzájemnou kombinací těchto surovin lze dosáhnout struktury pečiva velmi podobné běžnému pečivu s lepem. Cílem práce je zkoumání vlastností vhodných přidaných látek zvyšujících biologickou hodnotu a současně pozitivně ovlivňujících strukturu výsledného pečiva. U navrženého bezpečkového pekařského výrobku provedte hodnocení z hlediska ovlivnění sensorické jakosti přidávkem obohacující složky. Pomocí vybraných metod sensorické analýzy získáte data pro posouzení kvality bezpečkového pečiva. Získaná data zpracujete pomocí vhodných matematicko-statistických metod. Na základě získaných informací navrhněte další možnosti rozšíření nabídky pečiva v této oblasti. Diplomová práce bude vypracována na základě pokynů uvedených na www.zf.jcu.cz/studenti/informace-pro-studujici/ podle následující rámcové osnovy:

1. Úvod – charakteristika a význam řešené problematiky včetně uvedení cílů práce
2. Literární přehled – současný stav poznání dané problematiky získaný studiem soudobé vědecké a odborné literatury
3. Výsledky a diskuse – tabulkové a grafické zpracování získaných dat navazující na cíl práce, jejich statistické vyhodnocení a porovnání s dostupnými literárními údaji.
4. Závěr – shrnutí získaných informací, návrhy a doporučení vyplývající z řešené problematiky
5. Summary – přehled a nejdůležitější výsledky včetně klíčových slov (v anglickém jazyce).
6. Seznam literatury – jednotný, podle platných citačních zásad.

Rozsah pracovní zprávy: 35-50 stran textu
Rozsah grafických prací: tabulky a grafy dle potřeby
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam doporučené literatury:

- Nařízení (ES) č.41/2009 o složení a označování potravin vhodných pro osoby s nesnášenlivostí lepku, které stanovuje jednotná evropská pravidla na složení a označování potravin z hlediska obsahu lepku.
- BORTNOWSKA,G., KRUDOS,A., SCHUBE, V., KRAWCZYNSKA,W., KRZEMINSKA, N., MOJKA, K. (2016) Effects of waxy rice and tapioca starches on the physicochemical and sensory properties of white sauces enriched with functional fibre. Food Chemistry, 202, pp. 31-39.
- PRUGAR, J. a kol., 2008: Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Praha
- POKORNÝ, J., a kol., 1998: Senzorická analýza potravin, Praha: VŠCHT, 95 s.
- POKORNÝ, J., a kol., 1997: Senzorická analýza potravin – laboratorní cvičení, Praha: VŠCHT, 62 s.
- JAROŠOVÁ, A., 2001: Senzorické hodnocení potravin. Brno: MZLU, 84 s.
- Databáze WOS, Česká zemědělská bibliografie, CAB Abstracts, PROQUEST, dostupné na: <http://www.lib.jcu.cz/cs/databaze>

Vedoucí diplomové práce: Ing. Dana Jirotková, Ph.D.
Katedra potrav. biotechnologií a kvality zemědělských produktů

Konzultant diplomové práce: Dr. Ing. Jaromír Kadlec
Katedra potrav. biotechnologií a kvality zemědělských produktů

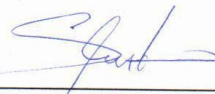
Datum zadání diplomové práce: 6. března 2018
Termín odevzdání diplomové práce: 15. dubna 2019

V Českých Budějovicích dne 6. března 2018



prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
Řídicí oddělení
Řádová 1808, 370 05 České Budějovice
L.S.



Ing. Pavel Smetana, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění, souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích, 04. 04. 2019

.....

Bc. Helena Zimmelová

Poděkování:

Děkuji vedoucí mé diplomové práce Ing. Daně Jirotkové za cenné rady, ochotu a čas, který mi věnovala při zpracování této práce. Za konzultace a pomoc se zpracováním v oblasti výsledků děkuji Ing. Janu Bedrníčkoví.

Děkuji i své rodině za pomoc a podporu.

Abstrakt

Tématem této diplomové práce je výroba bezlepkového chleba z přirozeně bezlepkových druhů mouky, který bude obohacen vhodnými přidanými látkami, zvyšujícími antioxidační aktivitu a přirozeně ovlivňujícími strukturu tohoto pečiva tak, aby splňoval senzorické požadavky konečných spotřebitelů.

V literární části je definováno, jaké bílkoviny se nacházejí v obilovinách, co znamená pojem lepek, jaká je jeho funkce v těstě a jaká onemocnění může lepek vyvolávat. V souvislosti s těmito onemocněními je stručně popsána bezlepková dieta nutná pro zlepšení zdravotního stavu pacienta a vhodné potraviny, které při této dietě může indisponovaný jedinec konzumovat. Literární část je zakončena teorií o senzorickém hodnocení.

Praktická část práce se zabývá výrobou chlebů z přirozeně bezlepkových druhů mouky obohacených o složky z kuchyňské cibule (*Allium cepa* L.) a následným senzorickým hodnocením tohoto pečiva. Zvolenými statistickými postupy byla získaná data zpracována a vyhodnocena. Byla také sledována a následně vyhodnocena antioxidační aktivita. Pomocí textuometru bylo také zjišťováno, jaký efekt má přidání obohacující složky na stárnutí bezlepkového pečiva.

Klíčová slova: lepek, gluten, gliadin, bez lepku, bezlepkový chléb, chléb, bezlepková dieta, antioxidanty, senzorická analýza, chuť, vůně, textura, vzhled, jakost potravin, celiakie, bílkoviny obilovin

Abstract

The topic of this thesis is the production of gluten-free bread from naturally gluten-free flour, which will be enriched with suitable additives that will increase antioxidant activity and naturally effect on the structure of the pastry, so it will meet the sensory requirements of final consumers.

The literary part define, which proteins can be found in cereals, what does the gluten means, its function in the pastry and which diseases can cause. In connection with these diseases, a gluten-free diet for improving the patient's health and suitable foodstuff are briefly described. The literary part is concluded with the theory of sensory evaluation.

The practical part deals with the production of naturally gluten-free breads enriched with ingredients from kitchen onions (*Allium cepa* L.) and subsequent sensory evaluation of this bread. Selected statistical procedures were used to obtain, processed and evaluated data. Antioxidant activity was also monitored and evaluated. By using texture-meter was find out, what effect has additives on aging of gluten-free bread.

Key words: gluten, gliadin, gluten-free, gluten-free bread, bread, gluten-free diet, antioxidants, sensory analysis, flavor, smell, texture, look, food quality, celiac disease, protein cereals

Obsah

1	ÚVOD.....	10
2	Literární přehled	13
2.1	Lepek	13
2.1.1	Bílkoviny obilnin	14
2.1.2	Obiloviny – dělení, nutričně významné složky, bezlepkové obiloviny	16
2.1.3	Funkce lepku v těstě.....	31
2.1.4	Základní suroviny.....	32
2.1.5	Legislativa – složení a označování bezlepkových potravin	35
2.2	Přehled onemocnění souvisejících s lepkem v potravě	40
2.2.1	Imunitní systém.....	41
2.2.2	Autoimunitní onemocnění.....	42
2.2.3	Alergická onemocnění	45
2.2.4	Ostatní onemocnění.....	47
2.3	Senzorická analýza	47
2.3.1	Podmínky pro sensorickou analýzu	50
2.3.2	Metody sensorické analýzy.....	51
2.3.3	Význam a uplatnění sensorické analýzy	53
2.3.4	Smyslové orgány, receptory.....	53
2.4	Senzorická jakost pekařských výrobků - chléb	55
3	CÍL PRÁCE	57
4	MATERIÁL A METODIKA.....	58
4.1	Popis výrobků a uskutečnění výzkumu	58
4.2	Receptura, příprava surovin, výroba vzorků	59
4.3	Senzorická analýza	61
4.3.1	Průběh sensorické analýzy.....	61
4.3.2	Senzorický profil.....	61

4.3.3	Pořadová preferenční zkouška	62
4.4	Stanovení antioxidační aktivity metodou DPPH.....	62
4.5	Analýza stárnutí pečiva	62
4.6	Statistické vyhodnocení výsledků	63
4.6.1	Vyhodnocení výsledků pořadové preferenční zkoušky	63
4.6.2	Vyhodnocení sensorického profilu	64
4.6.3	Vyhodnocení antioxidační aktivity a stárnutí pečiva	65
5	VÝSLEDKY A DISKUZE	66
5.1	Vyhodnocení sensorického profilu bezlepkového chleba.....	66
5.2	Vyhodnocení pořadové zkoušky	73
5.3	Vyhodnocení antioxidační aktivity.....	74
5.4	Vyhodnocení analýzy stárnutí pečiva.....	75
6	ZÁVĚR	77
7	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	78
8	SEZNAM TABULEK	88
9	SEZNAM GRAFŮ	88
10	SEZNAM OBRÁZKŮ	89

1 ÚVOD

Chuť pomocí smyslů posuzuje lidstvo zřejmě od počátků svého vývoje. V dobách minulých bylo hlavním cílem takového posuzování rozlišení stravy kvalitní vhodné ke konzumaci a stravy zkažené. Preferovány byly sladké a tučné chuti, ve vnitrozemí z důvodu nutnosti zásobit organismus potřebnými minerály také slané. Hořké, trpké a příliš kyselé chuti byly považovány za nevhodné – mnoho jedovatých bylin mělo právě hořkou chuť (srov. POKORNÝ *et al.*, 1998: 9).

V rozvinuté společnosti, kdy se zdravotně závadné, zkažené potraviny v zemích s vysokým stupněm hygienických standardů vyskytují jen příležitostně, používají lidé své smysly zejména k výběru potravin, které z různých důvodů preferují (srov. POKORNÝ *et al.*, 1998: 9). Spotřebitelé si mohou vybrat z obrovského množství různých druhů potravin. Bohužel si často vybírají potraviny nevhodné, které zdraví konzumentů neprospívají. Výběr potravin jen na základě vyhodnocení smysly tak neposkytuje pravdivý obraz kvality potravin. Příkladem mohou být oblíbené brambůrky. Sportřebitelé mají rádi jejich křupavý zvuk při konzumaci, tučnost a slanost. Na základě smyslového posouzení tak zkonzumují potravinu, která v jednom sáčku obsahuje 30 % doporučeného denního příjmu energie, téměř 52 % doporučeného denního příjmu tuků, 37 % doporučeného denního příjmu soli a 22 % doporučeného denního příjmu sacharidů. Dalším negativem je možná přítomnost škodlivých látek vznikajících při smažení – například akrylamidu. Podle Cwikové akrylamid vykazuje několik druhů toxických účinků najednou, což zvyšuje jeho celkovou toxicitu. Bylo prokázáno, že jde o látku neurotoxickou (poškozuje nervový systém), karcinogenní (způsobuje rakovinné bujení), mutagenní (může poškozovat DNA nebo buněčný aparát), teratogenní (u plodu může vyvolat vývojovou vadu) a genotoxickou – poškozující genetickou informaci (srov. CWIKOVÁ, 2013:1). Je tedy zřejmé, že posouzení potravin na základě jednoduchého použití smyslů je zcela nedostačující a bylo nutné vyvinout vědecké metody pro posouzení kvality potravin.

Jednou z těchto vědeckých metod je sensorická analýza. Sensorická analýza je multidisciplinárním oborem využívajícím poznatky dalších vědeckých odvětví, zejména psychologie, sociologie, fyziologie a biologie (srov. POKORNÝ *et al.*, 1998: 9). Výsledkem provedené sensorické analýzy je objektivní, přesné a reprodukovatelné

měření (srov. POKORNÝ *et al.*, 1998: 10). Toto měření je možné použít i pro hodnocení kvality bezlepkových potravin, například bezlepkového pečiva.

Konzumace pečiva, jak dokládají archeologické průzkumy, patří ke stravovacím návykům lidí také již velmi dlouhou dobu. Postupem času se však receptury měnily. Při výrobě pečiva je přidáváno do těsta větší množství lepku pro jeho schopnost dodat těstu elasticitu a jedinečnou strukturu (srov. KOPÁČOVÁ, 2006). To ale může být příčinou nárůstu zdravotních obtíží a důvodem, proč určitá část populace pečivo obsahující lepek odmítá. Pro někoho jde pouze o módní trend, který pomine, ale pro část populace je dodržování bezlepkové diety naprosto nezbytným opatřením sloužícím k udržení dobrého zdraví a léčbě onemocnění souvisejících s požíváním lepku v potravinách. Tato onemocnění dělíme na autoimunitní, alergická a ostatní onemocnění. Nejzávažnějším onemocněním patřícím do skupiny autoimunitních onemocnění je celiakie. Podle Sapone je celiakie jednou z nejběžnějších doživotních poruch v západních zemích. V Evropě má toto onemocnění zhruba 1 % obyvatelstva – to je cca 7,4 milionů nemocných (srov. SAPONE *et al.*, 2012). Jak Sapone uvádí, výskyt v posledních několika desetiletích roste.

Celiakie je celoživotní autoimunitní onemocnění, které je způsobené přehnanou autoimunitní reakcí těla na lepek. V typickém případě trpí celiak po požití lepku křečemi v břiše, průjmami, plynatostí a dalšími obtížemi. Akutní projevy jsou však jen vrcholkem ledovce. Dlouhodobé požívání lepku, při kterém dochází k zánětu sliznice tenkého střeva, vede k totální destrukci slizničních klků a mikrokloků. V důsledku toho se zhoršuje schopnost vstřebávání a trávení živin. Léčbou tohoto onemocnění je celoživotní dodržování přísné bezlepkové diety. K dietě patří bezlepkové pečivo, které je pečeno z alternativních plodin nahrazujících pšeničnou, špaldovou a žitnou mouku. K pečení může být využívána deproteinovaná pšeničná mouka, kukuřičná mouka, rýžová mouka, pohanková mouka a další.

Vzhledem k výše zmíněnému horšímu vstřebávání živin a vitamínů, které může přetrvávat i během dodržování celoživotní diety, lze doporučit obohacování bezlepkových potravin o přirozené zdroje vitamínů. Důležitým zlepšením kvality bezlepkového pečiva může být i obohacení o přírodní antioxidanty, které neutralizují účinky volných radikálů a přispívají k ochraně imunitního systému. Cibule, která je vydatným zdrojem antioxidantů a vitamínů, je tak velmi vhodnou obohacující složkou. Je jednou z nejběžnějších druhů zeleniny. Využívá se nejen k potravinářským

a kulinářským účelům, ale také k účelům léčebným (srov. BEDRNÍČEK, 2017: 177). Je bohatá na celou řadu vitamínů – například vitamín C, který je nezbytný pro dobrou obranyschopnost organismu a vitamín B, který udržuje zdravý nervový systém. Díky cibulové struktuře a jejím vlastnostem lze předpokládat také sensorické zlepšení vlastností bezlepkového pečiva, které by mohlo být po přidání cibulové složky vláčnější.

2 Literární přehled

2.1 Lepek

Terminologie týkající se lepku je poměrně složitá a je proto důležité vyjasnění používaných termínů. Bývají používány různé odborné výrazy – lepek, gluten, gliadin.

Gabrovská konstatuje, že lepek, též označovaný jako gluten, je souhrnným názvem pro řadu příbuzných frakcí obilných proteinů (srov. GABROVSKÁ *et al.*, 2015:24). Nachází se v zrnech některých obilovin, zejména v pšenici, ječmeni, žitu a ovsu.

Podle Skřivana *et al.* má termín lepek dva významy:

1. termín cereální chemie a technologie (původní význam) – specifická struktura (gel), který vzniká při vyhnětení pšeničného těsta; lepek v původním (technologickém) smyslu tvoří pouze pšenice; pacienti mající celiakii nemohou ale konzumovat ani žito, ječmen a oves – vadí jim totiž také prolaminy vyjmenovaných obilovin – je proto vhodnější používat označení lepek v širším dietologickém smyslu;
2. termín dietologický (novější, rozšířený význam) – proteiny endospermu obilovin – převažují prolaminy neboli prolaminové frakce – pšenice = gliadin, žito = secalin, ječmen = hordein, oves = avenin (srov. SKŘIVAN *et al.*, 2018:10-16).

Výše uvedené suroviny jsou seřazeny dle obsahu lepku, nejmenší obsah tedy vykazuje oves (srov. VRÁNOVÁ 2013:103).

Díky svým vlastnostem – bobtnavosti, pružnosti, vaznosti a tažnosti má lepek nezastupitelnou roli v pekařském průmyslu. Je zodpovědný za elastické vlastnosti těsta a přispívá k charakteristickému vzhledu pečiva a jeho senzorické jakosti (srov. GALLAGHER 2009:1).

Zároveň ale u některých geneticky disponovaných jedinců může způsobovat vznik autoprotilátek proti enterocytům – buňkám sliznice tenkého střeva (srov. KOHOUT *et al.* 2006:33). U těchto jedinců dochází k tomu, že tělo postiženého jedince místo štěpení proteinu rozpozná lepek jako nepřítele a snaží se proti němu bojovat (srov. LIEBERMAN, SEGALL 2007:5). Pro tyto jedince nepředstavují nebezpečí pouze samotná zrna výše zmíněných obilovin, ale i jakékoli výrobky z nich obsahující lepek.

2.1.1 Bílkoviny obilnin

Zmíníme-li definici Gabrovské, že lepek, též označovaný jako gluten, je souhrnným názvem pro řadu příbuzných frakcí obilných proteinů, musíme také vyjasnit pojem proteiny.

Proteiny neboli bílkoviny společně s lipidy a sacharidy řadíme k hlavním živinám, které náleží k nejdůležitějším složkám lidské výživy. Lidský organismus je využívá pro obnovu a výstavbu tkání a také částečně i jako zdroj energie (srov. VELÍŠEK 2002:28).

Nezastupitelná je jejich úloha v potravinářství pro jejich významnou roli při přípravě a zpracování pokrmů. Rozpustnost, emulgační, pěnicí a šlehačí schopnosti a schopnost tvořit gel jsou vlastnosti bílkovin, které značně ovlivňují senzoryckou jakost potravin (srov. DAY 2013).

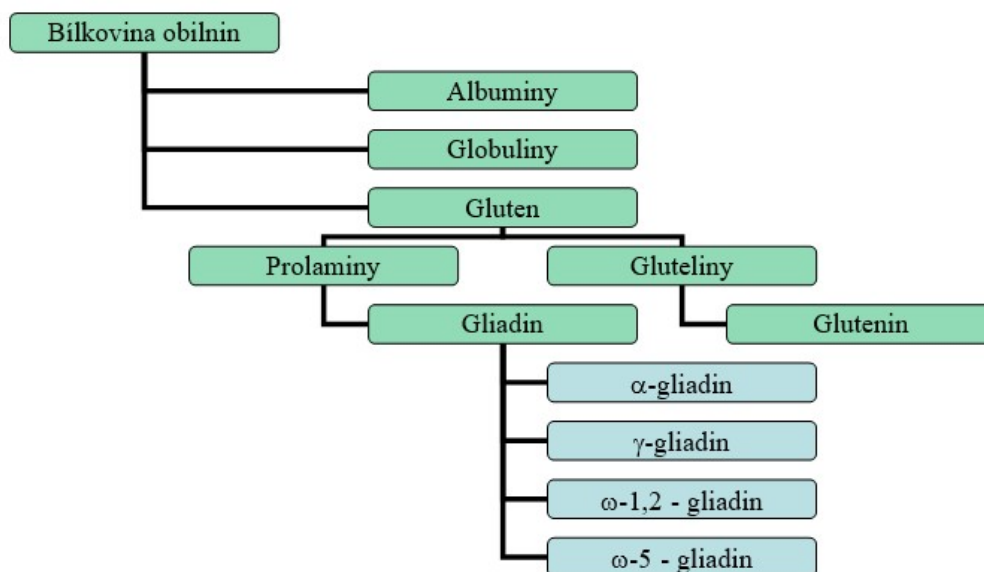
Hlavním zdrojem rostlinných bílkovin v potravě jsou semena rostlin (srov. GABROVSKÁ *et al.*, 2015:24). Při zpracování zrn jsou v popředí zájmu především složky endospermu, které obsahují nejvíce škrobu a právě bílkovin (srov. PŘÍHODA *et al.*, 2006:35). Různé druhy bílkovin mají však v potravinách různé funkční vlastnosti (srov. DAY 2013).

Rozpustnost bílkovin je jedním z hlavních prekurzorů, které ovlivňují jakost potravin. Rostlinné bílkoviny byly proto v roce 1924 rozděleny na čtyři základní třídy dle jejich rozpustnosti a extrahovatelnosti v různých rozpouštědlech. Tyto čtyři hlavní třídy jsou známy jako tzv. „Osbornovy frakce“. Tvoří je albuminy, globuliny, prolaminy a gluteliny (srov. DAY 2013). Frakce se vyskytují v různém poměru ve všech obilných zrnech a podle druhů obilovin pak byly pojmenovány. Názvy pocházely většinou z latinského názvu jednotlivých obilnin (srov. PŘÍHODA *et al.*, 2003:61). Jednotlivé třídy si níže detailněji popíšeme.

Bílkoviny obilovin se dělí dle Hulína *et al.* na:

1. albuminy – rozpustné ve vodě;
2. globuliny – rozpustné ve vodných roztocích;
3. prolaminy – rozpustné v alkoholu – pšenice (gliadin), ječmen (hordein), žito (sekalin), oves (avenin);
4. gluteliny – rozpustné v roztocích kyselin nebo zásad (srov. HULÍN *et al.*, 2008: 327-337).

Gluten obsahuje prolaminy a gluteliny. Gliadin je částí prolaminů pšenice.



Obrázek 1 – Rozdělení bílkovin obilnin (pšenice) upraveno dle Gabrovské

Typické složení proteinů v obilovinách uvádí následující tabulka. Jak je z této tabulky patrné, složení proteinů se dle druhu obilovin liší. Například žito má ve srovnání s ostatními obilovinami nižší obsah prolaminů a glutelinů (srov. GABROVSKÁ *et al.*, 2015:27).

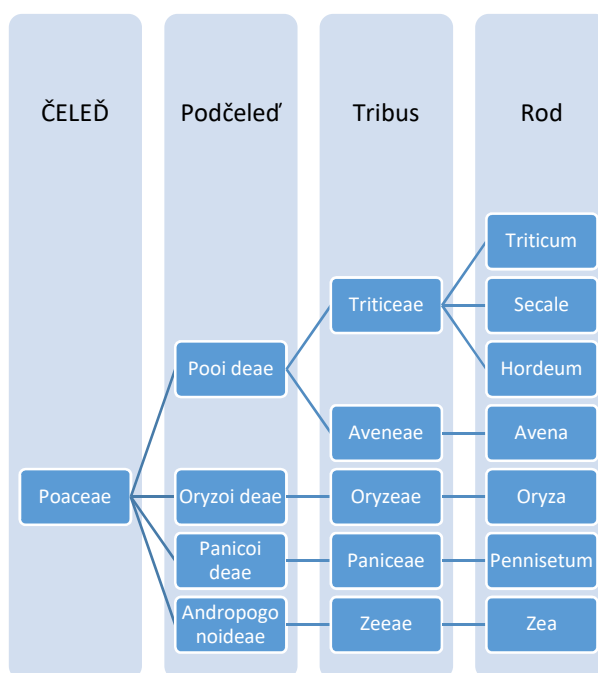
Složení hlavních proteinů obilovin

Obilovina	Albuminy		Globuliny		Prolaminy		Gluteliny	
	%	typ	%	typ	%	typ	%	typ
Pšenice	15	leukosin	7	edestin	33	gliadin	45	glutenin
Žito	44	-	10	-	21	sekalin	24	sekalinin
Ječmen	12	-	8	-	25	hordein	54	hordenin
Oves	20	-	12	avenalin	14	avenin	54	avenin
Rýže	11	-	10	-	2	oryzin	77	oryzenin
Kukuřice	4	-	3	-	48	zein	45	zeanin

Tabulka 1 – Složení hlavních proteinů obilovin (srov. GABROVSKÁ *et al.*, 2015:26)

2.1.2 Obiloviny – dělení, nutričně významné složky, bezlepkové obiloviny

Pro většinu populace představují obiloviny základ potravinové pyramidy. Pro člověka jsou cenným zdrojem energie, bílkovin, škrobu, ale například i vlákniny, vitamínu E a antioxidantů. V posledních letech dokonce obiloviny jako zdroj bílkovin nahradily maso a stanuly na prvním místě mezi zdroji bílkovin vůbec. Ještě významnější je však obsah sacharidů, které tvoří převažující podíl v chemickém složení obilných zrn (70 – 80 % sušiny). Přínosný je rovněž obsah poly- a oligosacharidů, které jsou složkami vlákniny a jejichž role ve výživě a pozitivní vliv na lidské zdraví je zcela evidentní. Na druhou stranu je třeba si uvědomit fakt, že pro část populace jsou některé obiloviny a to zejména podčeleď *Pooi deae*, která zahrnuje pšenici, žito, ječmen či oves z různých důvodů nepřijatelné (srov. KOHOUT *et al.*, 2015:28).



Obrázek 2 – Taxonomie obilovin – Kohout *et al.*, 2015:7

Důvodem je to, že obiloviny podčeledi *Pooi deae* obsahují bílkoviny, které mohou vyvolat vznik autoprotilátek. V pšenici se jedná o obsažený gliadin, v žitu o secalin, ječmeni hordein a ovsu avenin (srov. KOHOUT, PAVLÍČKOVÁ 2006:10).

Vhodnost požívání ovsu celiaky je dosud stále diskutovaným tématem. Jsou prováděny výzkumy zaměřené tímto směrem, ale dosud nedošlo ke sjednocení názorů. Codex Alimentarius (Codex Standard for Foods for Special Dietary Use for Persons

Intolerant to Gluten) uvádí, že oves může být tolerován většinou, ale ne všemi lidmi netolerujícími gluten. Proto přípustnost ovsu, který není kontaminován pšenicí, žitem nebo ječmenem v potravinách, na které se vztahuje tato norma, může být určována národními pravidly (srov. FAO 2008:2).

V roce 2008 byl proveden a v časopise *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition* zveřejněn výzkum, při kterém bylo zkoumáno patnáct dospělých pacientů, kteří měli celiakii trvající rok nebo déle potvrzenou biopsií. Těmto pacientům byl po dobu dvanácti týdnů podáván čistý oves v dávce 350 g týdně. Po dokončení byli pacienti analyzováni a zjistilo se, že čistý oves, který je vyroben podle pokynů Kanadské celiakální asociace je bezpečný (srov. SEY, PARFITT, GREGOR 2011).

Výzkumů byla provedena celá řada, ale objevují se i takové, které identifikují pacienty, kterým oves problémy způsobuje. Například Arentz-Hansen *et al.* zveřejnili v roce 2004 svoji práci, která dokládá, že někteří pacienti s celiakií mají avenin-reaktivní mukózní T-buňky, které mohou způsobit po konzumaci ovsu zánět sliznice střeva. Ojedinelá intolerance může být příčinou vilové atrofie a zánětu u pacientů s celiakií, kteří jedí oves, ale jinak dodržují přísnou bezlepkovou dietu. Klinické sledování pacientů s celiakií, kteří konzumují oves, je podle autorů vhodné (srov. ARENTZ-HANSEN *et al.*, 2004).

Problémem může být i kontaminace čistého ovsu obilninami obsahujícími lepek. Jeho konzumace celiaky je proto z tohoto důvodu i z důvodu nejednoznačnosti všech provedených výzkumů v České republice nedoporučována.

Dělení obilovin

Obilniny je možné dělit dle morfologických a fyziologických znaků, vlastností a náročnosti na agroekologické podmínky na dvě základní skupiny (srov. DIVIŠ *et al.*, 2010:20).

První skupina obsahuje pšenici, žito, ječmen, oves a žitovec. Druhá skupina zahrnuje kukuřici, proso, čirok, rýži, mohár a čumizu. Obě tyto skupiny mají charakteristické znaky a vlastnosti, které uvádí tabulka č. 2 (srov. DIVIŠ *et al.*, 2010:20).

Hlavním rozdílem mezi první a druhou skupinou obilnin je obsah látek (gliadin, secalin, hordein, avenin), které mohou zapříčinit u disponovaných jedinců zdravotní obtíže. Druhá skupina, na rozdíl od té první, tyto látky neobsahuje. Je tedy

vhodná ke konzumaci i pro ty, kteří trpí celiakií, alergií nebo jinou formou nesnášenlivosti lepku. Kromě obilnin druhé skupiny jsou pro tyto konzumenty vhodné také takzvané pseudoobilniny. Do této skupiny jsou řazeny dvouděložné rostliny z botanicky odlišných čeledí jako například pohanka či laskavec (srov. KONVALINA *et al.*, 2007:31).

Znak, vlastnost	I. skupina	II. skupina
1) Rýha na obilce	obilka má na spodní straně rýhu	obilky nemají podélnou rýhu
2) Zárodečné kořínky	při klíčení vzniká více zárodečných kořínků současně	vytváří se pouze jeden (první) zárodečný kořínek
3) Stéblo	duté	vyplněné dřevem
4) Plodnost kvítků	nejvíce plodné jsou dolní kvítky v klásku	nejvíce plodné jsou horní kvítky v klásku
5) Nároky na prostředí	menší náročnost na teplo, větší náročnost na vláhu	větší náročnost na teplo, menší na vláhu
6) Ozimost	mají ozimé i jarní formy	vytvářejí pouze jarní formy
7) Požadavky na jarovizaci	při jarovizaci vyžadují nižší teploty	při jarovizaci vystačí relativně s vyššími teplotami
8) Požadavky na fotoperiodu	jsou zřetelně dlouhodobí	jsou krátkodenní
9) Rychlost vývinu	mají v počátku vegetace rychlejší vývin (tvoří odnože již při 2. – 3. listu)	vývin je z počátku pomalejší, odnože se tvoří při čtvrtém až osmém listu

Tabulka 2 – Znaky a vlastnosti skupin obilnin (Diviš *et al.*, 2010:20)

Kukuřice (*Zea mays* L.)

Kukuřice je po rýži nejpěstovanější bezlepkovou plodinou. Pochází z Jižní a Střední Ameriky. Historie jejího pěstování je delší než 5 000 let. U nás je však historie pěstování poměrně krátká (srov. DIVIŠ *et al.*, 2010:103). Kukuřice se využívá nejen v potravinářství, ale v celosvětovém měřítku také stoupá trend využívání jejího škrobu v textilním, papírenském, chemickém a farmaceutickém průmyslu. Ze světové produkce kukuřice na zrna se jako potravina spotřebuje zhruba 21 % (srov. ZIMOLKA *et al.*, 2008: 160). Z potravinářského hlediska je nejvýznamnější kukuřice koňský zub, kukuřice tvrdá a polozubovitá (srov. DIVIŠ *et al.*, 2010:103).

Co se týče složení kukuřičného zrna, tak obsah sušiny v průměru dosahuje 90 %. Kukuřičné zrno obsahuje 75 – 80 % sacharidů, 9 – 10 % bílkovin, 7 % vlákniny a z nutričně významných minerálních látek obsahuje selen, draslík, železo, zinek a dále vitamíny skupiny B (B₁, B₂, B₃). Bílkoviny kukuřice však nejsou plnohodnotné a to zejména kvůli nedostatku esenciálních aminokyselin lysinu a tryptofanu (srov. GABROVSKÁ *et al.*, 2015:44). Přidání kukuřičné mouky dodává bezlepkovým pekařským výrobkům příjemnou barvu. Pro nedostatek esenciálních aminokyselin je vhodné ji kombinovat s dalšími surovinami. (srov. GABROVSKÁ *et al.*, 2015:45).

Nutriční hodnota zrna

V zrně kukuřice jsou sacharidy po vodě nejvíce zastoupenou složkou. V sušině zrna se nachází 75 – 80 % sacharidů. Dominuje sacharóza, v malých množstvích jsou přítomny ještě glukosa, fruktosa, maltosa a maltitol (srov. PRUGAR *et al.*, 2008:142). Kukuřice má také značné množství škrobu, tuku a jen velmi málo vlákniny. Je významným zdrojem energie, což je dáno především vysokou stravitelností všech přítomných živin. Nutriční hodnota kukuřice je ovlivněna řadou vnitřních i vnějších faktorů. Například fáze zralosti má významný vliv na nejzásadnější složku kukuřice – sacharidy, hlavně na škrob (60 - 70 %). Ten převažuje ve zralém zrně, zatímco při nalévání zrna převažují rozpustné cukry (srov. ZIMOLKA *et al.*, 2008:25). Zanedbatelný není ani obsah dusíkatých látek v zrně kukuřice, jejichž podstatnou část tvoří bílkoviny (10 - 20 %). Zimolka na rozdíl od Gabrovské uvádí, že biologická hodnota kukuřice je dána především obsahem aminokyselin, zvláště těch esenciálních - lysinu, tryptofanu, metioninu a fenylalaninu (srov. ZIMOLKA *et al.*, 2008:25).

Žluté a červené odrůdy kukuřice jsou jedinou zrninou s vysokým obsahem vitamínu A. Průměrný obsah tohoto vitamínu se pohybuje od 5 do 7,7 jednotek. Z vitamínů jsou dále zastoupeny v menším množství vitamíny B₁-thiamin, E, B₂-riboflavin, B₆-pyridoxin a stopový obsah vitamínů C, D a K (srov. ZIMOLKA *et al.* 2008:26). Pro bezlepkovou výživu jsou využívány mleté a separované suché mlýnské produkty - zejména krupice (srov. ZIMOLKA *et al.*, 2008:161).

Požadavky na kvalitu kukuřice pro průmyslové zpracování

Požadavky na jakost zrn kukuřice jsou v České Republice stanoveny normou (ČSN 6 1200- 6). Tato norma odpovídá podmínkám stanoveným komisí Evropského společenství pro účely intervenčních nákupů. Obdobně jako u dalších obilovin však

definuje pouze základní technické požadavky, jakými jsou například zdravotní nezávadnost a fyzikálně-chemické vlastnosti. Dle této normy tedy rozumíme vhodnými zrna zrna, která jsou červená až žlutá a která po odstranění nečistot zůstávají na sítu s kruhovými otvory o průměru 7,1 mm nejméně 90 % kukuřičných zrn (srov. ZIMOLKA *et al.*, 2008:159).

Ukazatel	Hodnota
Vlhkost (%)	14,0
Objemová hmotnost (kg/hl)	73,0
Zlomky zrn (%)	4,0
Zrnové příměsi (%)	4,0
Porostlá zrna (%)	2,5
Nečistoty (%)	1,0

Tabulka 3 – Hodnoty jakostních ukazatelů kukuřice ČSN 46 1200-6 (srov. ZIMOLKA *et al.*, 2008:159)

Proso seté (*Panicum miliaceum* L.)

Proso je po pšenici a ječmeni nejstarší člověkem využívanou obilninou. Pěstovalo se od 5. století před n. l. Proso původně pochází z Číny. Hrál významnou roli při stěhování národů a tak díky oblibě, které se těšilo u Slovanů, se společně s jejich migrací dostalo až do střední a jižní Evropy (srov. PETR, HRADECKÁ 1997:21).

Proso se v současnosti používá jako surovina pro pacienty s bezlepkovou dietou. Hlavním produktem mlýnského zpracování jsou oloupaná zrna, tzv. jáhly (srov. PRUGAR *et al.*, 2008:152). Dalším zpracováním vzniká mouka, krupice a vločky. Jáhly z prosa jsou velmi chutné, výživné a dobře stravitelné. Mají příznivý poměr bílkovin, tuků a sacharidů (srov. MOUDRÝ *et al.*, 2011:30). Obsahují přes 90 % sušiny, 10 – 11 % bílkovin s nízkým obsahem lysinu, 4 % tuku, vysoký obsah vlákniny až 12 %. Minerální látky zastupuje železo a zinek. Jáhly z prosa obsahují také vitamíny skupiny B (srov. GABROVSKÁ *et al.*, 2015:45).

K prosovitým obilninám kromě prosa patří ještě béry (*Setaria italica* L. bérvalašský, *S. italica ssp. maxima* – čumíza, *S. italica ssp. mocharium* – mohár). Tyto druhy se však více než k potravinářskému využití používají jako pícniny na seno či zelenou píci (srov. PETR, HRADECKÁ 1997:24).

Nutriční hodnota zrna

Proso obsahuje 68 – 76 % škrobu (amylózy až 28,4 % a amylopektinu až 73,7 %). Škrob prosa má vysokou vaznost vody. Z cukrů jsou obsaženy v prosu 0,12 % rafinózy a 0,90 % sacharózy. Obsah bílkovin se pohybuje v rozmezí 10 – 14 %. Jejich složení popisuje níže uvedená tabulka. V odrůdové skladbě prosa můžeme také nalézt tzv. waxy odrůdy, což jsou speciální odrůdy se sklovitým endospermem (srov. MOUDRÝ *et al.*, 2005:175).

Frakce bílkovin	Albuminy	Globuliny	Prolaminy	Gluteliny
Proso seté	9,0	10,9	31,0	8,0
Bér valašský	8,3 – 9,7	10,5 – 11,3	25,1 – 36,9	7,7 – 8,3

Tabulka 4 – bílkoviny prosa a béru zdroj: upraveno dle PETR *et al.*, 2003

Z tabulky je patrný vyšší podíl rozpustných frakcí bílkovin, které mají příznivější výživné účinky. Právě toto bílkovinové složení předurčuje proso jako vhodnou obohacující plodinu pro bezlepkovou dietu (srov. MOUDRÝ *et al.*, 2005:176).

Jakost prosa

Stejně jako u kukuřice jsou i u prosa stanoveny jakostní požadavky, které musí dodavatelé respektovat. Musí být zdravé, vyzrálé bez škůdců a cizích pachů. Mezi tuzemskými organizacemi platí oborová norma a další požadavky, které musí proso splňovat. Tyto požadavky jsou uvedené v normě ČSN 46 1010. Ta stanovuje maximální vlhkost 14 %, příměsi nejvýše 5 %, nečistoty maximálně 1 % a obsah naplesnivělých či plesnivých zrn do 0,5 %. U potravinářského zrna rovněž hrají důležitou roli dohodnuté znaky jakosti mezi dodavatelem a odběratelem (srov. MOUDRÝ *et al.*, 2005:173, 174).

Bér italský (*Setaria italica* (L.) Beauv.)

Bér je vhodný k použití při lidské výživě i jako dietní potravina. Bér je chutnější než prosné jáhly a obsahuje o 2 – 3 % více bílkovin než proso. V současné době je však více využíván v krmivářství jako krmivo pro exotické ptactvo nebo jako dekorativní prvek při aranžování (srov. MOUDRÝ *et al.*, 2011:34).

Mezi béry řadíme také čumízu – proso italské čili bér vlašský. Čumíza byla u nás známá a pěstovaná, ale spíše jako krmná pící plodina. Jde o starou plodinu, která byla

literárně popsána již v roce 1072 př. n. l. V této době zastupovala hlavní plodinu, která se vysévala při zemědělských slavnostech (srov. PRUGAR *et al.*, 2008:155).

Nutriční hodnota

Chemické složení obilek béru je velice podobné složení obilek prosa. Obsah bílkovin v obilkách béru je 14,2 %, tuku 4,7 %, vlákniny 11,3 %, popela 2,1 %, bezdusíkatých látek výtažkových 50,9 %. Bér valašský má vysoký podíl čistých bílkovin až 91,5 % – hlavní roli hrají prolaminy 39,4 % (srov. PRUGAR *et al.*, 2008:155).

Prugar uvádí, že zjištěný obsah lepku dosahoval pouze 2,6 – 4,6 mg na 100 g vzorku, přičemž pro bezlepkovou dietu tvoří limitní hranici 10 mg na 100 g. Tvrdí, že z tohoto důvodu lze říci, že rovněž tato plodina je pro konzumaci celiaky vhodná. Codex Alimentarius v roce 2009 ale stanovil nový limit bezlepkových potravin, kdy za bezlepkovou potravinu lze považovat potravinu, u které obsah lepku nepřesahuje 20 mg/kg potravin. Prostým přepočtem údajů tak zjistíme, že pokud by bér byl samostatným pokrmem, nebylo by možné ho označit za bezlepkový. Otázkou je, o jaký lepek se podle autora jedná a jakou používá terminologii.

Pohanka (*Fagopyrum esculentum Moench*)

Pohanka je kulturní plodinou pocházející z Číny (srov. MOUDRÝ *et al.*, 2011:40). V Evropě patří k nejmladším pěstovaným plodinám (srov. PRUGAR *et al.*, 2008:157). Taxonomicky ji řadíme do čeledi rdesnovitých – *polygonaceae* (srov. MOUDRÝ *et al.*, 2005:29). Pohanka setá je vhodným komponentem pro zdravé a funkční potraviny díky své vysoké nutriční hodnotě a průkaznému pozitivnímu účinku na zdraví lidí (srov. PRUGAR *et al.*, 2008:157). Konzumace oloupaných nažek funguje jako prevence před vysokým krevním tlakem, vysokou hladinou cholesterolu v krvi a dalších faktorů způsobujících kardiovaskulární onemocnění. Tyto vlastnosti má pohanka zejména díky obsahu flavonoidu rutinu, pro který se využívá také ve farmaceutickém průmyslu. Hlavní uplatnění je v potravinářství. V menší míře se pohanka používá jako krmivo ve výživě hospodářských zvířat (srov. MOUDRÝ *et al.*, 2005:40). Nejznámější potravinou, která se vyrábí z pohanky, jsou pohankové kroupy. Úskalím při výrobě je však problém při loupání, kdy zpravidla zůstává velký podíl neoloupaných nažek (srov. MALERŠ 1994:21).

Nutriční hodnota zrna

V pohankové kroupě se nachází bílkoviny, sacharidy, tuky a vláknina ve vhodném poměru. Pohanka je ceněna jako zdroj specificky účinných látek, které mají pozitivní vliv na trávicí trakt, játra a kardiovaskulární soustavu. Nažky pohanky mají vysoký obsah lysinu, threoninu, tryptofanu a sirmých kyselin a menší podíl kyseliny glutamové, která je hlavním komponentem zásobních bílkovin u obilnin (srov. MOUDRÝ *et al.*, 2005:91). Podle Gabrovské jsou nažky pohanky kvalitním zdrojem bílkovin s vysokým obsahem esenciálních aminokyselin – zejména lysinu a vynikají vysokým obsahem vitamínů – skupiny B, C, E, minerálních látek – zejména hořčíku, draslíku, fosforu a některých mikroprvků, jakými jsou například měď, zinek a selen (srov. GABROVSKÁ *et al.*, 2015:45).

Nutričně bohatší je mouka z pohanky tatarské než z pohanky seté. Ta obsahuje v sušině asi 10 % bílkovin, 1,8 % popela, 2,5 % tuku a 6 % vlákniny (srov. GABROVSKÁ *et al.*, 2015:46).

Čirok (*Sorghum Adams*)

Tato plodina začala být využívána ve střední Africe před více než 4000 lety. V současné době je pěstována hlavně v USA, Nigérii, Indii a Mexiku (srov. GABROVSKÁ *et al.* 2015:45). Při nynějším zájmu o biologicky plnohodnotnou stravu je čirok na vzestupu. Zrno je vhodné pro potravinářský průmysl – pacienty s bezlepkovou dietou, ale také pro škrobárenský a lihovarnický průmysl. Nezanedbatelnou roli hraje čirok v krmivářství – ve výživě drůbeže a skotu. V tomto případě je ale nutné dbát zvýšené opatrnosti kvůli obsahu taninů (antinutričních látek) a přítomnosti kyanogeního glykosidu dhurinu, který dosahuje extrémních hodnot zejména u mladých rostlin. Zrna však dhurin neobsahují (srov. MOUDRÝ *et al.*, 2011:36).

Nutriční hodnota čiroku

Složení čiroku je velice podobné složení rýže. Obsahuje 10 % bílkovin, 2,8 % tuku a 3 % vlákniny. Kromě těchto látek obsahuje ještě cenné vitamíny a minerální látky. Vzhledem k tomu, že obsah škrobu je vysoký (70 %), má čirok vysokou energetickou hodnotu (srov. MOUDRÝ *et al.*, 2011:36). Čirok zrnový vykazuje ve srovnání s čirokem cukrovým příznivější složení bílkovinných frakcí, vyšší zastoupení nutričně hodnotných albuminů a globulinů a nižší zastoupení prolaminů. Imunologické hod-

nocení množství prolaminů (ELISA) prokázalo u všech stanovených odrůd obsah prolaminů hluboko pod limitem pro bezlepkovou dietu (srov. PRUGAR 2008:156). Dle Gabrovské lze použít v bezlepkové chlebové směsi mouku z loupaného bílého zrna v podílu 60 % i výše. Obsah taninů však nesmí přesáhnout 10 % (srov. GABROVSKÁ *et al.*, 2015:45).

Amarant (*Amaranthus L.*)

Amarant patří do čeledi *Amaranthaceae*, laskavcovité (srov. ZADÁK *et al.*, 2011:13). Řadí se mezi takzvané pseudocereálie, protože botanicky nepatří mezi obiloviny, ale jeho použití je obdobné jako u obilovin (srov. Moudrý *et al.*, 2011:44). Archeologické nálezy prokazují pěstování a využívání amarantu již 5 000 let před naším letopočtem (srov. PRUGAR *et al.*, 2008:159). Jedná se o jednoletou, zřídka vytrvale dvouděložnou rostlinu.

V České republice se však dají pěstovat jen některé druhy jako například Mercado nebo Mexican (srov. ZADÁK *et al.*, 2011: 13 – 20).

Pro jeho výborné nutriční hodnoty se hodí zejména k potravinářskému zpracování - masný průmysl, dietetika, pekárenství, dětská výživa či funkční potraviny (srov. ZADÁK *et al.*, 2011:36). Amarant lze konzumovat již od počátku jeho růstu ve formě klíčků, následně v podobě listů v salátu nebo jako jemně umletý či tepelně opračovaný v podobě kaše. Po sklizni lze konzumovat ještě pražené zrno nebo zrno rozemleté na prášek ve formě mouky. Amarant je velice dobře stravitelný, jeho stravitelnost po tepelném ošetření se pohybuje v rozmezí 80 – 92 % (srov. ZADÁK *et al.*, 2011:10). Dalším uplatněním amarantu je farmaceutický průmysl (potravinové doplňky, sportovní výživa apod.), kosmetika a energetický průmysl (srov. ZADÁK *et al.*, 2011:36).

Nutriční hodnota zrna

Příčinou zájmu o amarant je jeho vysoká nutriční hodnota především semen a listů (srov. Jarošová *et al.*, 1997:29). Biologická hodnota jeho bílkovin převyšuje i mléko a blíží se ideálnímu proteinu doporučenému FAO/WHO (srov. PRUGAR 2008:160). Semena laskavce jsou ceněna zejména pro svůj vysoký obsah bílkovin (17 až 18 %), minerálních látek (hořčíku, draslíku, fosforu a zinku) a pro svou využitelnost při bezlepkové dietě (srov. GABROVSKÁ *et al.*, 2015:47). Mouka amarantu v obsahu bílkovin se svým obsahem 17,9 % dokonce předčí mouku z obilnin (srov.

JAROŠOVÁ *et al.*, 1997:29). Amarantovou mouku je rovněž dobré přidávat z důvodu vyššího obsahu esenciálních aminokyselin. Obsah tuku v semenech je také relativně vysoký (7 %). Unikátní je složení lipidového podílu laskavcového zrna, které vedle nenasycených mastných kyselin s převahou kyseliny olejové a linolové obsahuje až 8 % skvalenu, který snižuje obsah cholesterolu v organismu (srov. GABROVSKÁ *et al.*, 2015:47).

Zvláštností laskavce je poměrně vysoký obsah škrobu s relativně malou a vyrovnanou velikostí škrobových zrn (srov. Moudrý *et al.*, 2011:44). Ve srovnání s pšenicí má tento škrob větší rozpustnost ve vodě, bobtnavost a váže větší množství vody. Kromě toho je stabilní při zmrazování i rozmrazování (srov. Jarošová *et al.*, 1997:32). Další nespornou výhodou semen laskavce je, že se na rozdíl od pohanky nemusí loupát (srov. Moudrý *et al.*, 2011:44).

Rýže (*Oryza L.*)

Rýže je z hlediska výživy lidstva nejdůležitější obilninou, která na východě živi přes 800 milionů lidí (srov. ŠPALDON *et al.*, 1982:210). Z hlediska objemu produkce se jedná o nejrozšířenější světovou obilninu (srov. GABROVSKÁ *et al.*, 2015:44). Ze všech jejích druhů je nejvýznamnější jednoletá kulturní bažinná tráva rýže setá (*Oryza sativa L.*). Škrob lze využívat v kosmetickém průmyslu a v lékařství, z rýžové slámy se dají vyrábět smetáky, cigaretový papír a z klíčků lze získávat olej, ze kterého se vyrábí mýdla a svíčky (srov. VANČUROVÁ, KÜHN 1966:375). Primární oblastí využití však zůstává potravinářství. Rýže je velice dobře stravitelná a kaloricky bohatá. Obilky se nejčastěji konzumují celé vařené. Mohou se konzumovat i tzv. leštěné, ale tím ztrácí periferní části, které jsou bohaté na bílkoviny a vitamíny (srov. PETR *et al.*, 1997:182).

Nutriční hodnota rýže

Krondlová-Škopková ve své knize uvádí, že obsah složek ve 100 g je následující: vody je v rýži 13 g, bílkovin 6,7 g, tuků 0,7 g, glycidů 79,3 g a popela 0,7 g (srov. KRONDLOVÁ – ŠKOPKOVÁ, ŠMRHA 1965:96). Dle Gabrovské je nutričně nejvýznamnější „indiánská rýže“, u níž je obsah sušiny 98 % – z toho 77 % sacharidů, až 15 % bílkovin a 6 % vlákniny. Z ostatních prvků rýže obsahuje zinek, draslík, hořčík, železo a vitamíny skupiny B (srov. GABROVSKÁ 2015:44).

Prugar porovnává v níže uvedené tabulce rýži s pšenicí. Z tabulky je patrný vyšší obsah tuku a bílkovin u pšenice (srov. PRUGAR 2008:161).

Srovnání výživové hodnoty rýže s jinými obilovinami (kde není uvedeno jinak – g/100g)

Obsah	Pšenice	Rýže
Bílkoviny	13,3	7,6
z toho lysin	0,32	0,31
Tuk	2,0	0,3
Sacharidy	71,0	79,4
Balastní látky	2,3	0,2
Železo	3,4 mg	0,8mg
Vápník	47,4 mg	24,0 mg
Hořčík	110 mg	120 mg

Tabulka 5 – srovnání výživové hodnoty rýže upraveno dle PRUGAR *et al.*, 2008:160

Všechny výše zmíněné druhy obilnin jsou díky svému složení vhodné pro použití při bezlepkové dietě. Jsou-li údaje o obsahu lepku v Běru uvedené Prugarem správné, vylučovalo by to Bér z možnosti využití pro bezlepkovou dietu. O jeho vhodnosti pro bezlepkovou dietu píše ale ve své publikaci také Hermuth *et al.* z Výzkumného ústavu rostlinné výroby v Praze, který uvádí: „Zrno je vhodné pro lidskou výživu podobně jako jáhly. Neobsahuje lepek, takže je vhodné i při bezlepkové dietě.“ (HERMUTH *et al.*, 2015:15).

„Mezi tradiční bezlepkové suroviny se řadí rýže setá (*Oryza sativa*), kukuřice setá (*Zea mays*), proso seté (*Panicum miliaceum*), pohanka setá (*Fagopyrum esculentum*), sója luštěinatá (*Glycine max*), brambor hlíznatý, rozšířilo se i používání lupiny (*Lupinus angustifolius*, *Lupinus albus*). Jako součást výrobků mohou být v menším množství (kvůli výrazné chuti) přidávány i mouky z luštěnin, zejména z cizrny (*Cicer arietinum*), hrachu setého (*Pisum sativum*), čočky jedlé (*Lens culinaris*) a fazolu obecného (*Phaseolus vulgaris*). Nutričně bohatými a chuťově zajímavými jsou v Evropě dříve nevyužívané „dávné plodiny“ z Afriky, Jižní Ameriky a Asie jako je quinoa, teff a amarant. V USA je široce využíván čirok zrnový.“ (GABROVSKÁ a kol. 2015: 44).

Nutričně významné složky obilovin

Sacharidy

Sacharidy jsou významné přírodní látky, které vznikají v rostlinách jako primární produkt fotosyntézy. Jsou tvořeny z oxidu uhličitého a vody za působení slunečního světla, chlorofylu a řady enzymů (srov. STREBLOVÁ 2012:129). Obiloviny a výrobky z nich jsou významným zdrojem sacharidů. Sacharidy se vyskytují téměř ve všech částech zrna. Dle počtu jednotek je můžeme dělit na jednoduché, složené a komplexní (srov. GABROVSKÁ *et al.*, 2015:17).

Vláknina

Značnou roli ve výživě člověka s pozitivním dopadem na lidské zdraví má vláknina. Vláknina vykazuje prospěšné fyziologické účinky – upravuje hladinu cholesterolu v krvi, má pozitivní účinek na gastrointestinální trakt, podporuje rozvoj a aktivitu zdraví prospěšných mikroorganismů ve střevě, atd. (srov. GABROVSKÁ *et al.*, 2015:18,19). Vláknina se vyskytuje v celozrnných výrobcích, luštěninách, ovoci či zelenině. Denní příjem vlákniny by měl u dospělého člověka představovat 25 g (srov. CLARK 2014:59).

β -glukany

V současné době je stále více pozornosti věnováno β -glukanům a to hlavně díky možnosti využití jako obohacující složky funkčních potravin. Funkční potraviny mají kladný vliv na zdraví, fyzickou výkonnost či duševní stav člověka a mají vědecky prokázaný výživový účinek. Působí pozitivně na imunitu, fyzický a duševní stav člověka. β -glukany se nacházejí ve všech obilovinách (srov. GABROVSKÁ *et al.*, 2015:19,20).

Arabinoxylany (pentozany)

Stejně tak jako β -glukany jsou pentozany strukturní neškrobové polysacharidy obilovin. Arabinoxylany ovlivňují nutriční hodnotu potraviny, technologickou hodnotu (viskozitu těsta, kvalitu chleba a pečiva) a vykazují pozitivní zdravotní účinky (srov. GABROVSKÁ *et al.*, 2015:20).

V řadě studií bylo potvrzeno, že arabinoxylany ve vodě extrahovatelné mají pozitivní vliv na pekařskou kvalitu žitné mouky, zatímco ve vodě neextrahovatelné

arabinoxylany kvalitu mouky ovlivňují negativně (srov. GABROVSKÁ *et al.*, 2015:20).

Fruktanty a fruktooligosacharidy

Fruktanty a fruktooligosacharidy jsou nestravitelné zásobní polysacharidy. Mohou být rozděleny do třech skupin na inuliny, levany a větvené struktury. V lidském těle působí jako prebiotika a podporují růst bifidobakterií v tlustém střevě (srov. GABROVSKÁ *et al.*, 2015:21).

Fenolické sloučeniny

Zatímco fruktanty a fruktooligosacharidy působí jako prebiotika, fenolické sloučeniny působí v lidském těle jako antioxidanty. V obilovinách jsou přítomny hlavně lignany, ferulová a hydroxyskořicová kyselina. Menší je obsah flavonoidů, kávové a p-kumarové kyseliny. Zmíněné fenolické sloučeniny vykazují antioxidační vlastnosti (srov. GABROVSKÁ *et al.*, 2015:22). Nedostatek antioxidantů a nadměrné množství volných radikálů v lidské výživě může způsobovat tzv. oxidační stres.

Oxidační stres

Oxidační stres vyvolávají volné radikály (atomy, molekuly nebo ionty), které mají ve svém elektronovém obalu jeden či více nepárových elektronů. Oxidační stres tedy vzniká jako patologický stav, který je vyvoláván v důsledku nežádoucích oxidačních procesů v buňce, vyvolaných reaktivními částicemi, při inhibici antioxidačních mechanismů buňky (srov. MÜLLEROVÁ *et al.*, 2014:232).

Vznik velkého množství volných radikálů v těle může mít různé následky. Tyto následky jsou ovšem vždy negativní (srov. CHRPOVÁ 2010:60).

V současné době se jedná o intenzivně studovaný proces, protože se předpokládá, že by mohl mít spojitost s řadou chorob (např. zánětlivá onemocnění, rakovina apod.) a s procesem stárnutí (srov. KUČYHNKA *et al.*, 2007:384).

Konkrétním případem oxidačního stresu může být například oxidace lipidů, kdy vznikají kancerogenní aldehydy, které se vážou jak na bílkoviny, tak vytvářejí vysoce imunogenní látky. Proti těmto látkám se vytvářejí patologické protilátky, jejichž působením mohou vzniknout onemocnění, jako je systémový lupus či diabetes mellitus a další. Donedávna nebylo možné u pacienta oxidační stres stanovit. V současné době

však existují kvantitativní metody, které umožňují stanovení množství volných radikálů a antioxidační kapacitu (srov. NOHEL *et al.*, 2011).

Oxidační poškození

Při příliš agresivních oxidačních pochodech dochází k poškození řady klíčových složek buněk. Radikály, které reagují s DNA, vyvolávají mutaci a zvyšují riziko vzniku nádorů. Oxidace bílkovin urychluje stárnutí a spolu s oxidací mastných kyselin vzrůstá rozsah aterosklerózy a oslabuje se obranyschopnost (srov. KALAČ 2003:42). Vhodným preventivním opatřením proti oxidačnímu stresu je rozšiřování produkce a spotřeby potravin přírodně obohacených o antioxidanty (srov. PEŠEK *et al.*, 2017:8).

Antioxidační ochrana – rostlinné antioxidanty

Antioxidanty jsou přírodní nebo syntetické látky, které chrání organismus proti škodlivým volným radikálům (srov. PRUGAR *et al.*, 2008:15). Vhodné je upřednostňovat přírodní antioxidanty, neboť dlouhodobé užívání syntetických antioxidantů nebylo zatím dostatečně prověřeno (srov. KALAČ 2003:42). Do skupiny přírodních antioxidantů lze zařadit například vitaminy E a C, karotenoidy, flavonoidy, selen a podobné prospěšné látky z přírodních zdrojů – potravin (srov. PRUGAR *et al.*, 2008:15).

Množství antioxidantů v potravinách je významně ovlivněno mnoha faktory např. druhem, odrůdou, ale i souborem vnějších podmínek v průběhu vegetace. Antioxidanty fungují v tzv. antioxidačních sítích, kde oxidované formy jsou redukovány další skupinou antioxidantů. Tato antioxidační síť, tedy řetězec na sebe navazujících antioxidantů, je důležitý pro odstranění výše zmíněného oxidačního stresu (srov. PRUGAR *et al.*, 2008:40). Obecně lze tedy říci, že antioxidanty v lidském těle hrají pozitivní roli. Avšak zatím jsou poměrně málo prozkoumány. Z tohoto důvodu zatím nelze přesně definovat doporučenou hodnotu denního příjmu (srov. PRUGAR *et al.*, 2008:41). Rozhodujícími zdroji, které působí preventivně ve výživě člověka, jsou ovoce a zelenina (srov. KALAČ 2003:97).

Vitamín E

Vitamín E je v tuku rozpustnou sloučeninou (srov. ZADÁK 2008:162). Je složen ze čtyř tokoferolů, označovaných alfa- až delta- a čtyř alfa- až delta-tokotrienolů. Nejvíce zastoupený je alfa-tokoferol. Antioxidační účinnost vzrůstá od formy alfa- k delta-. Podle Kalače by pro účinnou ochranu vůči srdečním chorobám měla být denní

dávka tohoto vitamínu 40 – 60 mg. Živočišné tuky obsahují nesrovnatelně méně vitamínu E než tuky rostlinné (srov. KALÁČ 2003:43). Nejvýznamnějším zdrojem vitamínu E jsou tedy rostlinné oleje z obilných klíčků. Vyšší obsah vitamínu E mají rovněž surové – panenské oleje (srov. KALÁČ 2003:97).

Karotenoidy

Karotenoidy jsou antioxidanty, které podle dostupných informací ochraňují proti některým typům rakoviny. Nejznámější skupinou karotenoidů jsou karoteny, z nichž nejvýznamnější a nejrozšířenější je beta-karoten, ze kterého je v lidském organismu tvořen vitamín A. U dalších rozšířených karotenoidů není možné, aby se z nich vitamín A vytvářel. Patří sem například lykopen, kapsantin, zeaxantin, lutein a další, které však mají výrazné antioxidační účinky (srov. KALÁČ 2003:47).

Vitamín C

Pro normální funkci organismu je nezbytný vitamín C. Jedná se o esenciální, ve vodě rozpustný mikronutrient (srov. KIMÁKOVÁ, PAVLÍK 2017:63). Vitamín C má dvě formy, které se v přirozené stravě nacházejí. Redukovaná forma se nazývá kyselina askorbová a oxidovaná forma kyselina dehydroaskorbová (srov. ZADÁK 2008:163). Stejně tak jako výše zmíněné prvky má tedy i vitamín C antioxidační účinek. Přesněji kyselina L-askorbová (srov. KALÁČ 2003:48). Ta je důležitou složkou antioxidačního ochranného systému savců (srov. ZADÁK 2008:163). Velmi významným zdrojem vitamínu C jsou brambory, které v České republice pokrývají přibližně 30% potřeby vitamínu C (srov. KIMÁKOVÁ, PAVLÍK 2017:64).

Fenolické antioxidanty

Další skupina rostlinných antioxidantů se vyznačuje přítomností několika fenolických skupin. Do této skupiny patří například fenoly, fenolické kyseliny a jejich estery, flavonoidy a některé trísloviny (srov. KALÁČ 2003:49). Fenoly se například vyskytují v mateřídoušce obecné, která obsahuje thymol a karvakrol (srov. VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ 2009:366). Řada z dalších fenolických antioxidantů je ve zdrojích přítomna v tak malých množstvích, že jejich antioxidačnímu působení není přikládán velký význam (srov. KALÁČ 2003:49).

Rostlinné antioxidanty – cibule

Antioxidantů a potravin, které je obsahují, je celá řada, jak vyplývá i z výše uvedeného textu. Ochranné účinky proti oxidaci mají látky řady druhů koření, jako je rozmarýn, tymián, majoránka apod., ale rovněž například cibule (srov. KALAČ 2003:42).

Vzhledem k zaměření své diplomové práce jsem si vybrala k podrobnějšímu popisu potravinu, která je u nás celoročně dobře dostupná, je prodávána za příznivou cenu a v domácnosti ji má pravděpodobně každá rodina.

Cibule je jednou z nejznámějších, nejstarších a nepostradatelných kuchyňských zelenin (srov. HARAGSIM 2008).

Nejzajímavější je obsah antioxidačně působících flavonoidů, sterolů a oligofruktosanů, jejichž obsah v cibuli je vůbec nejvyšší mezi obvyklými druhy zeleniny (srov. KALAČ 2003:99). Významným flavonoidem vyskytujícím se v cibuli, je například anthokyan, který je obsažen v odrůdách červené cibule (srov. SLIMESTAD *et al.*, 2007). U česneku a dalších příbuzných druhů byly prokázány antikarcinogenní účinky a ochranné účinky proti srdečně cévním chorobám. Česnek a cibule také snižují krevní tlak (srov. KALAČ 2003:99).

Vyjma výše zmíněných pozitivních účinků má cibule antiseptické působení, pronikavé fytoncidní účinky, podněcuje chuť k jídlu a je močopudná. Rovněž jsou prokázány její blahodárné účinky při cukrovce. Listy cibule lze také využívat a to například na hojení hnisajících ran či vředů (srov. HARAGSIM 2008).

2.1.3 Funkce lepku v těstě

Lepek je jednou ze součástí zrna některých obilnin, která se podílí na vzniku celiakie a dalších onemocnění souvisejících s lepkem (srov. KOHOUT, PAVLÍČKOVÁ 2010:34). Jeho klasickou vlastností, která odpovídá za pružnost těsta je schopnost vázat vodu (srov. SISSON 2014). Při výrobě pekařských výrobků se většinou používá rozemletý vnitřek obilného zrna tedy endosperm (srov. SZEMES, KAROVIČ 1991:87). Z hlediska pekařské výroby je tedy nejdůležitější jádro zrna, které je tvořeno převážně škrobovými zrny s jeho bílkovinami – lepkem. Pekárenská hodnota závisí právě na množství a složení těchto bílkovin (srov. SZEMES, KAROVIČ 1991:81). V našich zemích se k charakteristice pekařské kvality mouky používá obsah mokrého lepku. Ten se vytvoří v těstě poté, co je smíchán s vodou a prohněten. Obsah mokrého

lepku je v České republice hlavním jakostním kritériem pekařské kvality, neboť je statisticky dokázáno, že na obsahu mokrého lepku v mouce zcela závisí objem pečiva (srov. ČEPIČKA *et al.*, 1995:48). Obilná zrna, která mají větší množství lepku, jsou pevná, tvrdá na řezu a sklovitá. Pokud je obsah lepku nízký, jsou zrna měkká a moučnatá (srov. SZEMES, KAROVIČ 1991:81).

Lepek je schopen vázat dvojnásobné množství vody, než je jeho samotná hmotnost. Této vlastnosti se říká vaznost, závisí na množství a vlastnostech lepku. Souvisí s ní i schopnost těsta napínat se kypřícími plyny a vytvářet póry budoucí střídky. Pokud je však obsah lepku v mouce příliš vysoký (nad 40 %), není vhodné tuto mouku použít na výrobu pečiva, ale je velice vhodná na výrobu těstovin. Ani velmi nízký obsah lepku (pod 20 %) není pro výrobu pečiva ideální. Těsto s nízkým obsahem lepku je drobivé, finální produkty jsou ploché a nemají dostatečnou pórovitost. Velmi pružný a málo tažný lepek = silný lepek, zapříčiňuje krátké těsto, které se velmi stahuje a špatně se napíná kypřícími plyny (výrobek je opět málo objemný a tuhý). Naproti tomu málo pružný, ale velmi tažný lepek = slabý lepek, vytváří měkké roztékavé těsto, ze kterého lehce unikají plyny (výrobek je roztékavý). Na výrobu kynutých těst a pečiv je tedy nejvhodnější průměrný obsah lepku se střední pružností a tažností (srov. SZEMES, KAROVIČ 1991:88).

Vedle obsahu lepku má význam i jeho kvalita. Nejběžnějším ukazatelem kvality lepku je „bobtnavost“, která představuje nárůst objemu relativně čistého mokrého lepku v roztoku kyseliny mléčné. Dle zkušeností lze konstatovat, že bobtnavost lepku by neměla být ani extrémně vysoká, ani extrémně nízká. Novější a přesnější metodou je ukazatel nazývaný „gluten index“. Jedná se o metodu založenou na průchodu lepku jemným sítkem v odstředivce při odstředování. Zatímco ukazatele – jakými jsou obsah lepku, jeho pružnost a tažnost mají prokazatelný vliv na kvalitu pečiva, vztah mezi objemem pečiva a gluten indexem není lineární (srov. ČEPIČKA *et al.*, 1995:57).

2.1.4 Základní suroviny

Základními surovinami pro výrobu bezlepkového chleba je voda, olej, mouka a fermentační složka. Cílem této diplomové práce bylo vytvořit bezlepkové pečivo, které bude připraveno z přirozeně bezlepkových druhů mouky. Vzhledem k cíli diplomové práce budou proto níže uvedeny jen použité suroviny.

Voda

Stejně jako v ostatních potravinářských odvětvích, je i při přípravě pečiva nezbytné používat vodu, která je zdravotně nezávadná, splňuje veškeré podmínky pro pitnou vodu a vyhovuje požadavkům norem ČSN. Voda, která je použita pro přípravu pečiva, nesmí obsahovat barvicí látky, které by mohly negativně ovlivnit barvu pečiva (např. více železa či manganu). Nežádoucí je rovněž použití příliš tvrdé vody – tzn. obsahující vysoké množství vápenatých a horečnatých solí (srov. SZEMES, KAROVIC 1992:98).

Olej

Tuk v těstě zastává důležitou roli, spojuje těsto a po upečení zajišťuje, aby pečivo nebylo suché; ovlivňuje chuť upečeného produktu. Řepkový jednodruhový olej je olej, který se získává ze semen rostliny řepky olejné, která patří do čeledi *Brukvovité*. Vhodné rostliny pro výrobu tohoto oleje jsou dle Dostálové a Bráta bezerukové či nízkoerukové. Řepkový olej je z hlediska skladby mastných kyselin a jejich vzájemného poměru jedním z nejvhodnějších rostlinných olejů pro lidskou spotřebu – obsahuje vysoké procento preferovaných omega 3 polynenasycených mastných kyselin (srov. DOSTÁLOVÁ, BRÁT 2016).

Pohanková mouka

Pohanková mouka se získává z rostliny z rodu *Rdesnovitých* pohanky obecné. Jak již bylo zmiňováno v předchozí části této práce, pohanka má díky své vysoké nutriční hodnotě průkazné pozitivní účinky na lidské zdraví. Díky obsahu flavonoidu rutinu působí jako prevence vysokého krevního tlaku, vysoké hladiny cholesterolu v krvi a dalších kardiovaskulárních chorob. Dalším pozitivním faktorem je vysoký obsah bílkovin a minerálních látek. Z minerálních látek obsahuje pohanka například: hořčík, draslík, fosfor. Obsahuje také důležité mikroprvky – měď, zinek a selen. Vzhledem k tomu, že chuť pohankové mouky, jak uvádí Vráblová, je mírně nahořklá, je vhodné tuto mouku kombinovat s ostatními druhy – například s moukou kukuřičnou, rýžovou a jinými přirozeně bezlepkovými druhy mouky (srov. VRÁBLOVÁ 2015).

Kukuřičná mouka

Stejně jako mouka pohanková, je i kukuřičná mouka vhodnou náhradou běžných surovin k přípravě pečiva. Jak už název napovídá, tato mouka se získává z kukuřice,

kteřá patří do čeledi *Lipnicovité*. Kukuřičná mouka je často zaměňována s kukuřičným škrobem, ten se však získává z části jádra endospermu, zatímco mouka se mele z celého kukuřičného zrna (srov. ZDRAVEZDRAVI.CZ 2018). Žluté a červené odrůdy kukuřice obsahují jako jediné zrniny vysoké množství vitamínu A, dále v menším množství vitamíny B₁, E, B₂, B₆ a vitamíny C, D a K.

Rýžová mouka

Těsto, které je vyrobené čistě z rýžové mouky, je značně pevné a v mnoha ohledech ho lze přirovnat k těstům připravených z mouk pšeničných. Rýžová mouka nemá ale takovou pružnost a proto je vhodné kombinovat ji s dalšími druhy mouky. V případě tohoto výzkumu byla rýžová mouka použita společně s kukuřičnou, lněnou a pohankovou moukou.

Lněná mouka

Lněná mouka je vyhovující surovinou do chlebového těsta, obsahuje mnoho vlákniny a pouze malé množství sacharidů. Vhodná k použití je zejména proto, že má velmi dobrou bobtnací schopnost a jako všechny výše zmíněné mouky je přirozeně bezlepková. Benefitem této mouky je vysoký obsah rostlinných bílkovin.

Fermentační složka – potravinářské sušené droždí

Droždí je surovinou, která podstatně urychluje proces kvašení chleba. Jedná se o biomasu, ve které jsou lisované kvasinky druhu *Saccharomyces cerevisiae*. Po přidání těchto organismů do těsta dochází k rozmnožování kvasinek díky cukru, který je přítomný v těstě. Kvasinky rozloží cukr na jednodušší složky. Rozštěpené části přejdou do kvasinky, kde čekají podobně, jako u lidí v žaludku. V buňce následně vzniká mnoho odpadových produktů a vylučuje se oxid uhličitý, který těsto zkypruje (srov. SZEMES, KAROVIČ 1992:94).

Cibulová vláknina sušená

Cibule obsahuje vysoké množství vody, vitamínů C, D, E, B₆, B₁₂; je zdrojem železa, zinku, draslíku, fosforu, hořčíku, vápníku, sodíku atd. Chrání nervový a kardiovaskulární systém, snižuje hladinu cholesterolu, zamezuje kornatění cév. Pro své vlastnosti je hodícím se přísávkem do těsta. Do pokusných chlebů bylo přidáno 5 g cibulové vlákniny (vždy 5 g do jednoho druhu chleba) a další složky cibule v různém dále uvedeném množství.

2.1.5 Legislativa – složení a označování bezlepkových potravin

Lidé s nesnášenlivostí lepku mohou podle Nařízení Komise evropských společenství č.41/2009 snášet různá množství lepku. Hranici snášenlivosti určuje typ onemocnění. Podle výzkumů je bezpečnou hranicí pro celiaka konzumace potravin o obsah lepku 50 mg/den. Alergik může mít problémy i po požití stopového množství lepku. U pacienta s neceliakální nesnášenlivostí lepku je zřejmě hranice u různých osob individuální. Optimální by byl nulový příjem lepku, toho však není snadné dosáhnout.

Potraviny, které splňují veškeré nutné podmínky, a jsou proto vhodné ke konzumaci při bezlepkové dietě, jsou označovány obrázkem přeškrtnutého klasu nebo textem Bez lepku, Gluten free, Senza glutine apod. Znakem přeškrtnutého klasu však nesmí být označeny produkty přirozeně bezlepkové a nezpracované – například: zrna rýže, kukuřice, maso, ryby a další. Symbol přeškrtnutého klasu je ochrannou známkou ve vlastnictví společnosti COELIAC UK, resp. AO ECS (Association of European Coeliac Societies), která stanovuje podmínky pro jeho užívání (srov. CELIAK.CZ 2019).

Označování bezlepkových výrobků stanoví platná legislativa – zejména Codex alimentarius – Codex Standard for Foods for Special Dietary Use for Persons Intolerant to Gluten (Codex Standard 118-1979), Nařízení Komise evropských společenství č. 41/2009 a v České Republice také prováděcí nařízení komise (EU): Nařízení číslo 828/2014 o požadavcích na poskytování informací o nepřítomnosti či sníženém obsahu lepku v potravinách spotřebitelům.

Codex Standard for Foods for Special Dietary Use for Persons Intolerant to Gluten

Tento kodex definuje bezlepkové potraviny jako potraviny:

- a) sestávající z nebo vyrobeny pouze z jedné nebo více složek, které neobsahují pšenici (tj. všechny druhy Triticum, jako je pšenice tvrdá, špalda a pšenice khorasan, která je také uváděna na trh pod různými obchodními značkami jako KAMUT), žito, ječmen, oves nebo jejich křížené odrůdy a hladina lepku nepřekračuje celkem 20 mg/kg celkem, na základě potraviny prodávané nebo distribuované spotřebiteli, a/nebo
- b) sestávající z jedné nebo více složek z pšenice (tj. všech druhů Triticum, jako je tvrdá pšenice, špalda a khorasanová pšenice, která je také uváděna na trh pod různými obchodními značkami, jako je KAMUT), žito, ječmen, oves nebo jejich

křížové odrůdy, byly speciálně zpracovány tak, aby byl odstraněn lepek, a hladina lepku nepřekračuje celkem 20 mg / kg celkem, na základě potraviny, která se prodává nebo distribuuje spotřebiteli (srov. STANDARD FOR FOODS FOR SPECIAL DIETARY USE FOR PERSONS INTOLERANT TO GLUTEN 2009: 2).

Codex dále určuje tzv. potraviny speciálně zpracované pro snížení obsahu lepku na úroveň vyšší než 20 až 100 mg / kg:

Tyto potraviny se skládají z jedné nebo více složek z pšenice (tj. všech druhů Triticum, jako je pšenice tvrdá, špalda a pšenice khorasan, která je také uváděna na trh pod různými obchodními značkami, jako je KAMUT), žito, ječmen, oves nebo jejich křížené odrůdy, které byly speciálně zpracovány tak, aby se celkový obsah lepku snížil na úroveň nad 20 až 100 mg/ kg, a to na základě potraviny, která byla prodána nebo distribuována spotřebiteli.

Rozhodnutí o uvádění výrobků popsaných v tomto oddíle na trh lze stanovit na vnitrostátní úrovni (srov. STANDARD FOR FOODS FOR SPECIAL DIETARY USE FOR PERSONS INTOLERANT TO GLUTEN 2009: 2).

Nařízení Komise evropských společenství č. 41/2009

Článek 3 Nařízení komise (ES) č.41/2009 uvádí:

1. Potraviny pro osoby s nesnášenlivostí lepku, jež sestávají z jedné nebo více složek vyrobených z pšenice, žita, ječmene, ovsa nebo jejich kříženců, které byly speciálně zpracovány tak, aby v nich byl snížen obsah lepku, nebo tyto složky obsahují, nesmí obsahovat více než 100 mg/kg lepku v potravině ve stavu, v němž je prodávána konečnému spotřebiteli.
2. Při označování výrobků uvedených v odstavci 1, jejich obchodní úpravě a v související reklamě se uvede výraz, „velmi nízký obsah lepku“. Výraz „bez lepku“ lze uvést pouze tehdy, pokud obsah lepku v potravině ve stavu, v němž je prodávána konečnému spotřebiteli, činí nejvýše 20 mg/kg.
3. Oves obsažený v potravinách pro osoby s nesnášenlivostí lepku musí být speciálně vyroben, připraven a/nebo zpracován tak, aby bylo zamezeno kontaminaci pšenicí, žitem, ječmenem nebo jejich kříženci, přičemž obsah lepku v ovsu nesmí být vyšší než 20 mg/kg.

4. Potraviny pro osoby s nesnášenlivostí lepku, jež sestávají z jedné nebo více složek, které nahrazují pšenici, žito, ječmen, oves nebo jejich křížence, nebo tyto složky obsahují, nesmí obsahovat více než 20 mg/kg lepku v potravině ve stavu, v němž je prodávána konečnému spotřebiteli. Při označování těchto výrobků, jejich obchodní úpravě a v související reklamě se uvede výraz „bez lepku“ (NAŘÍZENÍ KOMISE ES č.41/2009).

Nařízení č. 828/2014 o požadavcích na poskytování informací o nepřítomnosti či sníženém obsahu lepku v potravinách spotřebitelům

Toto nařízení uvádí: „Lidé postižení celiakií trpí trvalou nesnášenlivostí lepku. Pšenice (tj. všechny druhy Triticum, jako jsou pšenice tvrdá, pšenice špalda a pšenice khorasan), žito a ječmen byly označeny jako zrniny, které podle vědeckých zpráv obsahují lepek. Lepek obsažený v těchto zrninách může mít nepříznivé účinky na zdraví osob s nesnášenlivostí lepku, a proto by se jeho konzumaci tyto osoby měly vyhýbat.“ Proto je nutné, aby byly v Unii zachovány jednotné podmínky pro uplatňování těchto požadavků na informace o potravinách poskytované provozovateli potravinářských podniků, pokud jde o nepřítomnost či snížený obsah lepku v potravinách, a tyto podmínky by měly vycházet z nařízení (ES) č. 41/2009 (srov. NAŘÍZENÍ Č.828/2014).

Stejně tak, jak je tomu u Nařízení Komise evropských společenství č. 41/2009, i toto nařízení definuje různé hranice snášenlivosti lepku. Jedná se vlastně o prováděcí nařízení komise EU vycházející z výše uvedeného Nařízení č. 41/2009. Je platné od 20. července 2016 a jeho cílem je umožnit nabídku výrobků s různým (nízkým) obsahem lepku tak, aby spotřebitelé na trhu našli potraviny odpovídající jejich potřebám a míře citlivosti. Je důležité, aby výrobky byly řádně označeny, aby byl zajištěn jejich správný výběr osobami s nesnášenlivostí lepku.

Povolená tvrzení dle nařízení č. 828/2014 o nepřítomnosti či sníženém obsahu lepku v potravinách a jejich podmínky dle Pavelkové a Kubíka:

- BEZ LEPKU – takto může být označena potravina, která ve stavu, ve kterém je prodávána konečnému spotřebiteli, neobsahuje více než 20 mg/kg lepku;
- VELMI NÍZKÝ OBSAH LEPKU – toto označení lze využít v případě výrobků, které ve stavu, ve kterém jsou prodávány konečnému spotřebiteli, obsahují nejvýše 100 mg/kg.

Výše zmíněná tvrzení mohou být doplněna tvrzením „vhodné pro osoby s nesnášenlivostí lepku“ nebo „vhodné pro celiaky“ (srov. PAVELKOVÁ, KUBÍK, 2017).

Pokud je daná potravina speciálně vyrobena, připravena a/nebo zpracována tak:

- aby v ní byl snížen obsah lepku jedné nebo několika složek obsahujících lepek, nebo
- aby v ní byly nahrazeny složky obsahující lepek jinými složkami, jež jsou přirozeně bezlepkové,

lze tvrzení „BEZ LEPKU“ a „VELMI NÍZKÝ OBSAH LEPKU“ doplnit níže uvedenými tvrzeními:

- „speciálně připravená pro osoby s nesnášenlivostí lepku“ nebo
- „speciálně připravená pro celiaky“.

Není možné tato tvrzení nahradit alternativami významově rovnocennými jako například „bezlepková bageta“ (srov. PAVELKOVÁ, KUBÍK, 2017).

Toto nařízení rovněž obsahuje zvláštní požadavky na potraviny, které obsahují oves. Oves, který je obsažen v potravinách označovaných „bez lepku“ nebo „s velmi nízkým obsahem lepku“ musí být speciálně vyroben, připraven a/nebo zpracován tak, aby bylo zamezeno kontaminaci pšenicí, žitem, ječmenem nebo jejich kříženci, přičemž obsah lepku v ovsu nesmí být vyšší než 20 mg/kg (srov. PAVELKOVÁ, KUBÍK, 2017).

Dalším bodem, který toto nařízení upravuje, jsou přirozeně bezlepkové potraviny. Jedná se o potraviny, které obsahují přirozeně bezlepkové složky. Tyto potraviny mohou být označovány jako „přirozeně bezlepkové“ (srov. PAVELKOVÁ, KUBÍK, 2017).

Cílem tohoto nařízení je sjednotit způsob poskytování informací o nepřítomnosti lepku či jeho sníženém obsahu v potravinách tak, aby to usnadnilo spotřebiteli výběr vhodných potravin. Nezakazuje však použití alternativních způsobů označení. Příkladem těchto alternativních způsobů označení mohou být informace „bezlepková bageta“, „bezlepkové menu“, vyobrazení symbolu přeškrtnutého klasu, apod. Tyto alternativní názvy mohou být použity v případě, že nejsou matoucí či nejednoznačné,

což v praxi znamená, že jsou pro spotřebitele spolu s alternativními výrazy zároveň uvedena stanovená tvrzení dle nařízení (srov. PAVELKOVÁ, KUBÍK, 2017).

Zvláštní režim označování mají potraviny, které jsou určeny pro kojence a malé děti. Nařízení zakazuje poskytování informací o nepřítomnosti lepku či sníženém obsahu lepku v počáteční a pokračovací kojenecké výživě tj. výživě do 6 měsíců a do 12 měsíců věku dítěte (srov. PAVELKOVÁ, KUBÍK, 2017).

„Poskytování informací o nepřítomnosti či sníženém obsahu lepku v počáteční a pokračovací kojenecké výživě podle definice ve směrnici 2006/141/ES se zakazuje“ (NAŘÍZENÍ KOMISE ES č.41/2009).

Nařízení (EU) č. 1169/2011

Pokud se lepek ve složení potravin vyskytuje, pak jejich označení upravuje nařízení (EU) č. 1169/2011 o poskytování informací spotřebitelům. Toto nařízení stanovuje povinnost poskytnout spotřebiteli informace o látkách a produktech způsobujících alergii nebo intoleranci, které byly použity při výrobě (srov. PAVELKOVÁ, KUBÍK, 2017).

Informace o alergenních látkách se na obale potravin uvádí:

- ve složení, přičemž název alergenní látky nebo produktu musí být zvýrazněn tak, aby byl jasně odlišen od ostatních složek (např. typem či stylem písma nebo barvou pozadí);
- jako výčet alergenních látek za slovem „obsahuje“ – není-li na obale výrobku uveden seznam složek (srov. PAVELKOVÁ, KUBÍK, 2017).

Výjimku tvoří potraviny, jejichž název jasně odkazuje na danou alergenní látku. V tomto případě není nutné alergen označit – příkladem může být název Ovesná kaše. Od roku 2014 musí být označeny balené, ale také nebalené potraviny, potraviny na jídelním lístku v rychlém občerstvení, jídelně, restauraci, apod. (srov. PAVELKOVÁ, KUBÍK, 2017).

V případech, kdy nebyla vědomě použita při výrobě potravin alergenní složka, ale potravina přesto obsahuje malé množství této alergenní složky, je vhodné využít tzv. označení alergenních složek. Cílem tohoto označení je upozornit spotřebitele na riziko nezáměrné kontaminace potravin alergenní složkou (lepkem). Toto označení však nesmí být užíváno preventivně a musí být odůvodněné např. na základě analýzy

rizika, screeningu výrobního zařízení nebo výstupní kontroly (srov. PAVELKOVÁ, KUBÍK, 2017).

Příkladem možných forem takového značení mohou být texty:

- „může obsahovat lepek“;
- „může obsahovat stopy lepku“;
- „vyrobeno v závodě, který zpracovává obiloviny obsahující lepek“.

Nařízení (EU) č. 1169/2011 také upravuje laboratorní metody ke stanovení obsahu lepku (srov. PAVELKOVÁ, KUBÍK 2017).

2.2 Přehled onemocnění souvisejících s lepkem v potravě

V současné době se bezlepková dieta stala oblíbeným mediálním tématem. Objevuje se řada publikací vysvětlující mnoho různých zdravotních obtíží právě nesnášenlivostí lepku. V těchto publikacích bývá navrhováno úplné odstranění obilovin z výživy. Kromě obilovin je navrženo i vyloučení brambor, rajčat, mléka a dalších potravin. Taková opatření jsou však velmi omezující a jídelníček se v jejich důsledku stává značně jednotvárným.

Je samozřejmé, že lidé, kteří mají prokázané onemocnění související s konzumací lepku, musí dodržovat 100% bezlepkovou dietu. Pro zbytek populace však zatím nebyly spolehlivě prokázány pozitivní účinky bezlepkové diety.

Jak uvádí Gabrovská: „Existuje skupina zdravých lidí, kteří z potravy vylučují lepek z důvodu přesvědčení o jeho škodlivosti. Nepodařilo se prokázat, že by tato intervence vedla ke zlepšení zdravotních ukazatelů přes vyjádření příznivců alternativní medicíny.“ (GABROVSKÁ 2015: 36).

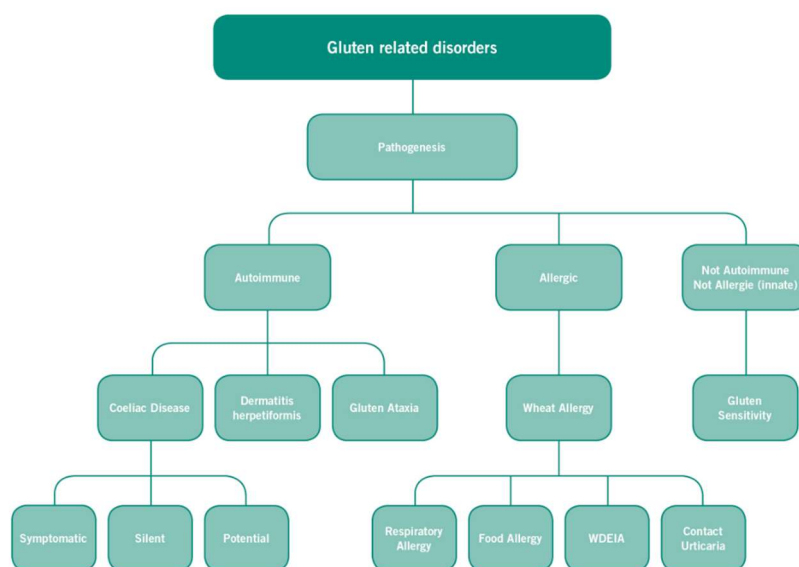
S konzumací lepku v potravě však skutečně souvisí několik typů onemocnění, které vznikají na podkladě různé patogeneze.

První skupinou jsou onemocnění autoimunitní, mezi které se řadí celiakie, Duhringova dermatitida a glutenová ataxie.

Dalším druhem onemocnění, který prokazatelně způsobuje lepek v potravě, jsou alergická onemocnění – alergie na pšenici – s respiračními projevy; potravinová alergie s projevy týkajícími se trávicího ústrojí; WDEA – anafylaktický šok po požití pšenice indukovaný tělesnou námahou a kontaktní kopřivka.

Posledním typem onemocnění jsou potíže způsobené rovněž požitím lepku, ale nepatřící do skupiny autoimunitních ani alergických chorob. Je to takzvaná neceliakální nesnášenlivost lepku – citlivost vůči lepku.

Dle níže uvedeného obrázku je patrné, že choroby vyvolané lepkem, tedy stravou, která obsahuje pšenici, ječmen, žito a některé odrůdy ovsa lze v současné době podle patogeneze rozdělit do třech základních skupin – onemocnění s autoimunitní patogenezí, onemocnění s alergickou patogenezí a onemocnění vznikající na jiném podkladu – ani autoimunitním ani alergickým.



Obrázek 3 – rozdělení onemocnění souvisejících s lepkem dle: Sapone *et al.*

2.2.1 Imunitní systém

Hlavní funkcí imunitního systému by měla být adekvátní reakce na škodlivý podnět a jeho eliminace (srov. MARTÍNKOVÁ *et al.*, 2007:347). Buňky a molekuly imunitního systému neustále kontrolují organismus a v případě kontaktu s jinými molekulami aktivně rozpoznávají, jestli jde o vlastní, cizí nebo odcizené struktury, které jsou pro organismus „lhostejné“ (srov. FERENČÍK *et al.*, 2004:26). Za normálních fyziologických podmínek imunitní systém na cizí nebo odcizené antigeny odpovídá imunitní reakcí, zatímco vlastní antigeny toleruje a nereaguje na jejich přítomnost. Za patologických podmínek však imunitní reakci mohou zapříčinit i některé vlastní antigeny, které se potom nazývají autoantigeny. Tyto struktury vyvolávají následně autoimunitní nebo přesněji autoagresivní reakce (srov. FERENČÍK *et al.*, 2004:26).

2.2.2 Autoimunitní onemocnění

Mezi stále rozšířenější onemocnění patří právě autoimunitní onemocnění. Takové onemocnění může propuknout v jakémkoli orgánu nebo tkáni našeho organismu (srov. BARTUŇKOVÁ *et al.*, 2007:44). Autoimunitními onemocněními je postiženo zhruba 8 % populace na celém světě (srov. ZIELINSKI 2017). Ferenčík uvádí, že přibližně jeden z dvaceti obyvatel Evropy a Severní Ameriky trpí určitou formou autoimunitní choroby. Tyto choroby vznikají jako důsledek porušené funkce imunitního systému, který nedokáže správně rozlišit „vlastní“ a „cizí“ antigeny. Imunitní systém je „příliš usilovný“, možná i „zbrklý“ (Ferenčík *et al.* 2004:109).

Klíma udává, že důvod, proč se původně prospěšné imunitní reakce zvrhnou v poškozující, zatím není znám (KLÍMA *et al.*, 2016:18). Ferenčík mezi příčiny autoimunitních chorob řadí genetickou predispozici (náchyllost) jedince, nepříznivou modifikaci (úpravu) vlastních antigenů působením vnějších faktorů (např. virů, různých léků), podobnost vlastních antigenů s antigeny některých mikroorganismů, poruchy na úrovni prezentace antigenů a poruchy v imunoregulačních mechanismech (FERENČÍK *et al.*, 2004:114). Kromě genetické predispozice jsou při vzniku autoimunitních chorob důležité ještě zevní spouštěcí faktory, kterými mohou být např. virové infekce (srov. KLÍMA *et al.*, 2016:18).

Celiakie

Celiakie je celoživotní onemocnění, které je charakterizováno trvalou intolerancí lepku, malabsorbci v důsledku typických zánětlivých změn sliznice tenkého střeva a klinickým zlepšením při dodržování bezlepkové diety (srov. LUKÁŠ 2005:84). Celiakií tedy rozumíme autoimunitní poruchu gastrointestinálního traktu (srov. PELKOWSKI 2014). Je to nemoc, která je charakterizována zvýšenou imunologickou odpovědí po požití glutenu s odhadovanou prevalencí u dospělých 0,2 – 1 % ve Spojených státech a Evropě. Současné studie však naznačují, že výskyt celiakie má stoupající tendence (srov. MOONEY 2014).

Nemocný s celiakií, který o své nemoci neví, je ohrožen rozvojem přidružených autoimunitních chorob a komplikacemi, které mohou být až život ohrožující (srov. VRÁNOVÁ 2013:103).

Diagnostika celiakie

Při podezření na celiakii by měl lékař zahájit diagnostický program zahrnující odběr krve – vyšetření krevního obrazu, biochemických ukazatelů (např. hladiny minerálů, dusíkatých katabolitů, bílkovin a vyšetření hladiny sérologických markerů celiakie – tedy protilátek proti gliadinu, endomysiu a sérové transglutamináze (srov. KOHOUT, PAVLÍČKOVÁ 2010:18). Protilátky, které organismus pacienta s celiakií produkuje, jsou typu IgA. Existují však také jedinci, kteří mají deficit IgA a tyto je třeba vyšetřit jiným způsobem. U jedinců se selektivním deficitem IgA je tedy nutné vyšetřovat ve třídě IgG. Bohužel protilátky IgG bývají často zvýšené i u jiných onemocnění a nejsou pro celiakii tak specifické jako protilátky typu IgA.

Diagnóza celiakie je sice podpořena pozitivním sérologickým testem protilátek proti tkáňové transglutamináze, ale měla by být potvrzena i biopsií tenkého střeva (srov. PELKOWSKI 2014). Konečné potvrzení diagnózy určuje odpověď na nasazení bezlepkové diety, pokud se pacientův stav zlepší a mikroskopický obraz tenkého střeva se normalizuje (srov. KOHOUT, PAVLÍČKOVÁ 2006:18). Bezlepkovou dietu je pro dosažení výsledků třeba dodržovat poměrně dlouhou dobu. K normalizaci střevní sliznice může dojít až po několika měsících i roce. Pacienti s celiakií pak musí dodržovat bezlepkovou dietu po celý život.

Léčba

Základem pro léčbu celiakie je dodržování přísné, celoživotní bezlepkové diety (srov. LUKÁŠ 2005:85). Tato dieta spočívá ve vyřazení obilnin obsahujících lepek a všech výrobků z nich ze stravy pacienta.

Pro pacienty s celiakií je podle Kohouta bezpečné množství lepku v potravě ve výši 20 mg za den (podle jiných autorů 50 mg za den), přičemž v klasické stravě se nachází 7 – 13 g lepku. Během dodržování bezlepkové diety je častý deficit některých minerálních látek a živin, které se nestačí vstřebávat. Nejčastěji se tak k bezlepkové dietě podává preparát vápníku a železa, případně vitaminy, zvláště vitamíny rozpustné v tucích B a C (srov. KOHOUT, PAVLÍČKOVÁ 2010:34,35).

Přidružená onemocnění

U pacientů, kteří onemocní nějakým autoimunitním onemocněním, může být vyšší pravděpodobnost vzniku dalších tzv. přidružených autoimunitních onemocnění.

Mezi přidružené autoimunitní choroby, které častěji vyskytují spolu s celiakií, patří například diabetes mellitus I. typu, revmatoidní artritida a jiné (srov. KOHOUT, PAVLÍČKOVÁ 2010:31).

Americká studie „DAISY“ (Diabetes Autoimmunity Study in the Young) prozkoumala 1000 dětí s genetickou predispozicí k diabetu typu I. Výsledkem studie bylo, že děti, které konzumovaly potraviny obsahující lepek před třetím měsícem věku, byly náchylnější k autoimunitnímu útoku na beta buňky slinivky břišní a k cukrovce I. typu (srov. ZIELINSKI 2017).

Duhringova herpetiformní dermatitida

Jedná se o onemocnění, které se nejčastěji vyskytuje mezi druhou a čtvrtou dekadou života (srov. KASPER, BURGHARDT 2015:429). Jde o autoimunitní kožní onemocnění považované za specifickou formu projevu celiakie. Tato choroba je typická svými silně svědivými ložisky papulovezikulární dermatitidy. Až 70 % nemocných má současně s kožními projevy gastrointestinální změny. Diagnóza je prováděna pomocí kožní biopsie u dermatologa. Stupeň a rozsah střevních změn se následně stanovuje enterobiopsií (srov. LUKÁŠ 2005:85). Léčba spočívá v dodržování dlouhodobé bezlepkové diety, kdy imunitní komplexy způsobující onemocnění mohou zcela vymizet (srov. CETKOVSKÁ *et al.*, 2010:54). Někdy je však potřeba k dietním opatřením ještě přidat léky – sulfony, které zklidní klinický stav (srov. GABROVSKÁ 2015:34).

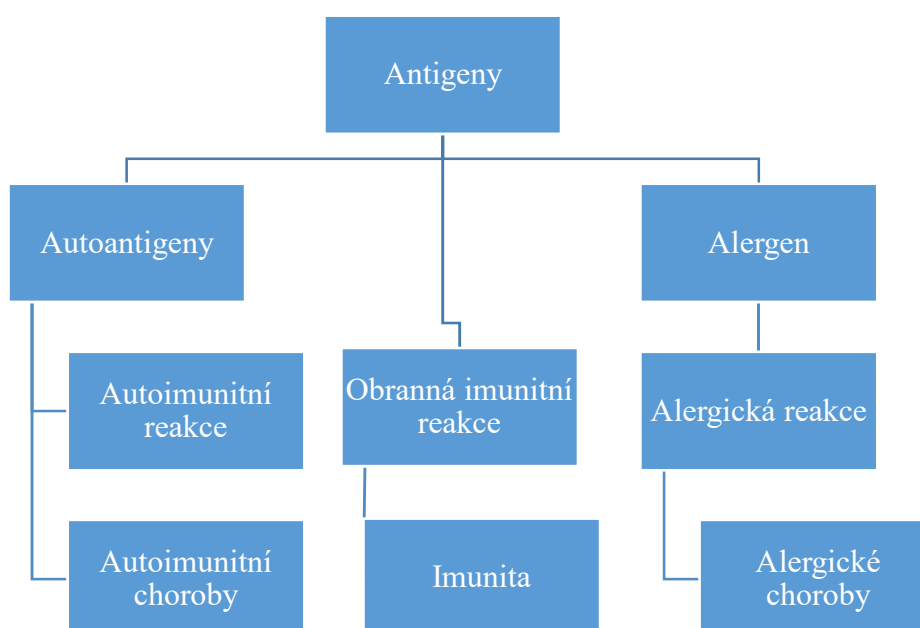
Glutenová ataxie

Je neurologickým autoimunitním onemocněním. Projevuje se poruchou koordinace chůze a dalších pohybů. Léčba je stejná jako u všech ostatních onemocnění, které lepek vyvolává – přísná bezlepková dieta (srov. GABROVSKÁ *et al.*, 2015:44).

2.2.3 Alergická onemocnění

Stav přecitlivělosti (hypersenzibility) na určitou látku, kdy imunologické reakce organismu, jež mají sloužit k jeho obraně, byly použity nevhodně a místo aby organismus chránily, ho poškozují, se nazývá alergie (srov. MACHOVÁ, KUBÁTOVÁ 2015:258).

U alergických chorob dochází k rozpoznávání cizích antigenů (alergenů), na které však imunitní systém u zdravého jedince běžně žádnou reakci nevyvolává (srov. FERENČÍK *et al.*, 2004:139). Dochází tak k neschopnosti rozlišovat mezi potenciálně škodlivým a neškodným antigenem (srov. Ferencík *et al.*, 2004:141).



Obrázek 4 – rozdělení antigenů (srov. FERENČÍK *et al.*, 2004:139)

Alergie na lepek

Hlavním problémem alergie na lepek je, že obiloviny patří mezi základní součást jídelníčku populace a je velice obtížné se jim vyhnout. Alergickou reakci může spustit i minimální množství alergenu, alergikům tak vadí i stopová množství lepku.

U pacientů zatížených touto alergií nedochází k poškození tenkého střeva protilátkami typu IgA, ale dochází k alergickému zánětu indukovanému protilátkami typu IgE. Nedochází ani k dalším potížím, které provází celiakii a souvisí s porušenou funkcí tenkého střeva – např. poruše vstřebávání vitamínů, minerálů a živin. Podobně

jako u celiakie se však projevy často váží na gastrointestinální trakt. Dochází k nevolnosti, průjmům, nadýmání a křečím.

Nejedná se tedy o autoimunitní reakci, lepek však u alergických osob může vyvolat podobné gastrointestinální příznaky jako u celiakie (srov. HARTWIG 2012). Následující obrázek zobrazuje dělení alergenů podle místa vstupu do organismu.



Obrázek 5 – rozdělení alergenů dle FERENČÍK *et al.*, 2004:148

2.2.4 Ostatní onemocnění

Neceliakální glutenová senzitivita

Někteří jedinci mohou trpět přecitlivělostí na lepek, aniž by byla přítomna autoimunitní nebo alergická reakce organismu. Mají potíže s obsahem lepku v potravinách po jeho konzumaci. Po vysazení lepku ze stravování dojde ke zlepšení stavu. Na rozdíl od celiakie, stejně jako je tomu u alergie, nedochází k poškození tenkého střeva.

NCGS je poměrně nová klinická jednotka, která byla definována až v roce 2009 (srov. GABROVSKÁ 2015:35).

Symptomy mizí několik hodin až dní po zahájení bezlepkové diety a rychle se vrací po jejím ukončení (srov. LUKÁŠ, HOCH 2018:228).

V současné době neexistuje žádné objektivní kritérium či sérologický test, který by byl specifický pro diagnózu neceliakální glutenové senzitivity, pouze jsou vypracována diagnostická kritéria.

Diagnostická kritéria pro neceliakální glutenovou senzitivitu
<ul style="list-style-type: none">• Vyloučení celiakie (autoprotilátky + histologie tenkého střeva) při stravě bez restrikce lepku.• Vyloučení alergie na pšenici (a příbuzné obiloviny) při stravě bez restrikce lepku.• Gluten rychle (během několika hodin či dní) vyvolává intestinální či extraintestinální symptomy).• Symptomy rychle (během několika hodin či dní) vymizí po eliminační dietě.• K definitivnímu potvrzení dg. NCGS a k vyloučení placebo efektu bezlepkové diety: glutenový expoziční test (ideálně dvojité slepý placebem kontrolovaný).

Obrázek 6 – diagnostická kritéria pro NCGS (zdroj: <https://www.celiak.cz/files/NCGSclanek.pdf>)

2.3 Senzorická analýza

„Senzorické hodnocení potravin a potravinářských produktů patří mezi způsoby kontroly jakosti, které se i přes vysoký stupeň rozvoje objektivních, především analytických metod udržely v každodenní praxi dodnes“ (JAROŠOVÁ 2001:3). Podle Jarošové je úkolem sensorické analýzy hlubší studium vzájemných souvislostí mezi fyzikálními a psychickými jevy při procesu vnímání jednotlivých smyslových kvalit (srov. JAROŠOVÁ 2001:3).

Podle Neumanna se při senzoričném zkoumání potravin zkoušejí vlastnosti, které můžeme zjistit smysly, kterými vnímáme vůni, chuť, vzhled, teplotu či bolest. Při zkoumání užíváme také kinestetické a mechanické vnímání (srov. NEUMAN *et al.*, 1990:15).

Pokorný popisuje senzoričnou analýzu potravin jako takovou analyčickou metodiku, při níž se organoleptické (působící na smysly) vlastnosti poživatin stanoví výhradně lidskými smysly, a to za takových podmínek, které zajišťují objektivní spolehlivé a reprodukovatelné výsledky (srov. POKORNÝ 1997:5).

Pelikán a Suková zdůrazňují, že smyslové hodnocení má pouze orientační charakter, zatímco hodnocení senzoričké, které je prováděno podle závazné metodiky, zaručuje kvalitativně vyšší úroveň senzoričké analýzy (srov. PELIKÁN, SUKOVÁ 1998:20).

Rozlišujeme dva druhy senzoričké analýzy. První stanovuje druh, charakter nebo intenzitu počitku. Druhý se nazývá hédonické hodnocení a hodnotíme během něj příjemnost a žádoucnost vjemu. Druhý typ je nejčastějším typem senzoričké analýzy (srov. POKORNÝ 1997:6).

Senzoričká analýza může být prováděna mnoha formami. Nejčastější formou hodnocení, ale zároveň i nejnáročnější, je degustace prováděná v ústech. Při této formě hodnocení se zjišťují vlastnosti tzv. flavor: chuťové, čichové, teplotní, hmatové počitky a popřípadě bolest (srov. POKORNÝ 1997:6).

Metody hodnocení a degustace vzorku

Při hodnocení a degustaci budeme sledovat ukazatele, jakými jsou například vzhled, barva, zákal, lesk, matnost, čichové podněty a chuť.

Přijdeme-li k potravíně, či jakémukoli jinému produktu, jako první nás zaujme vnější vzhled, který posoudíme zrakem. Produkt si dobře prohlédneme a zjistíme, jak na nás působí. Stejně tak jednoduchou záležitostí je posouzení vzhledu a barvy při senzoričké analýze. Barvu výrobku můžeme hodnotit proti bílému pozadí v dopadajícím světle, nebo proti světelnému zdroji v procházejícím světle (srov. POKORNÝ 1997:101).

U produktů, pro které je typická čirost, či naopak zákal, můžeme zrakem posoudit i tyto parametry. Zákal se nejlépe hodnotí proti tmavému pozadí, kdy je dobře patrný.

Posledním neméně důležitým faktorem je lesk a matnost produktu. „Lesk a matnost povrchu se hodnotí pootáčením předmětu v ostrém dopadajícím světle“ (POKORNÝ 1997:102).

Poté, co si produkt či poživatinu dobře prohlédneme, často k takovému produktu přivoníme. Přivonění nejčastěji probíhá u čerstvého ovoce, zeleniny či kosmetických výrobků. U ovoce a zeleniny tak můžeme odhalit, zda je produkt čerstvý, ve vhodném stavu k požití. U kosmetických výrobků hodnotíme čichovým smyslem jejich příjemnost (srov. POKORNÝ 1997:102).

Nejsložitější je posouzení vzorku samotným ochutnáním poživatiny, degustací. V této fázi posuzujeme chuť, neboli flavor. Je dobré si uvědomit, že degustace není o konzumování. Během degustace dochází k soustředěné práci a duševnímu vypětí (srov. POKORNÝ 1997:103).

Než začneme se samotnou degustací, je vhodné si ústa vypláchnout pitnou vodou nebo jiným neutralizátorem. Pak můžeme do úst vložit sousto zkoušeného vzorku o hmotnosti kolem 8 až 10 g nebo jeho doušek o objemu 8 až 10 ml. Je potřeba dodržet určitý čas, po který ponecháme sousto v ústech, aby se chuťové látky rozpustily ve slinách (srov. POKORNÝ 1997:103).

Sousto následně žvýkáme a sledujeme vývoj chutí a aromatu během žvýkání. Pokud možno vzorek po posouzení v ústech polykáme, protože pocity při polykání a po spolknutí patří neodmyslitelně k celkovému vjemu flavoru. Některé chuťové noty dokonce nejlépe poznáme až po spolknutí, kdy odezní lehko těkavé složky aromatu. Ovšem u produktů, které vnímáme jako zkažené, není třeba sousto spolknout, naopak je to nežádoucí. Dále se nedoporučuje polykat lihoviny, jestliže senzorická analýza obsahuje více vzorků (srov. POKORNÝ 1997:103).

Po spolknutí sousta je vhodné opakovat použití chuťového neutralizátoru, kterým odstraníme rušivé zbytky z ústní dutiny. Chuťovým neutralizátorem rozumíme vodu, ale mohou to být i jiné tekutiny (čaj, minerálka, voda) nebo tuhé látky (bílé pečivo, chléb, jablko). Po požití neutralizátoru je vhodné čekat ještě jednu minutu do degustace dalšího vzorku. V ideálním případě by si měl hodnotitel vystačit s co nejmenším počtem ochutnání a neměl by se zbytečně vracet k již jednou ochutnaným vzorkům z důvodu brzké únavy (srov. POKORNÝ 1997:103).

Dutinou ústní lze posoudit ještě další senzoričkový ukazatel, texturu. Texturu můžeme posoudit tak, že sousto krátce zkousneme předními zuby a sledujeme jeho odpor ke zkousnutí, chování při zkousnutí a těsně po něm. Pak rychle posuneme sousto pod stoličky a začneme se žvýkáním tak rychle, aby se ještě zachytily podmínky, kdy není sousto smočeno slinami (srov. POKORNÝ 1997:102).

2.3.1 Podmínky pro senzoričkovou analýzu

Aby mohla být senzoričková analýza správně provedena, je nutné zajistit pro hodnotitele ideální podmínky. Měly by se odstranit veškeré rušivé vlivy, které by mohly hodnotící komisi rozptylovat. Odstraněním těchto vlivů zajistíme zlepšení stanovených výsledků. Optimální podmínky pro senzoričkovou analýzu jsou určeny mezinárodními normami (ISO), které definují vybavení místnosti, způsob přípravy a předkládání vzorků. Dalšími normami je stanoveno používání správného názvosloví, školení a zkoušení hodnotitelů a postup při jednotlivých metodách senzoričkové analýzy (srov. POKORNÝ *et al.*, 2013:5).

Prvním vlivem, který na hodnotitele bude působit, je místnost, ve které bude probíhat senzoričková analýza. Její osvětlení, vybavení i teplota. Je proto nutné, aby místnost byla čistá, prostorná, dobře větratelná a bez jakýchkoliv pachů (ať už se jedná o pachy z připravovaných vzorků, chemikálií či kouř, apod.).

Co se týče osvětlení místnosti, tak pro senzoričkovou analýzu je nejlepší konstantní jas, který odpovídá rozptýlenému dennímu světlu (srov. POKORNÝ *et al.*, 2013:6).

Během senzoričkého hodnocení je vhodné, aby se hodnotitelé cítili komfortně. Je žádoucí zajistit stálou teplotu 18 – 23°C, bez průvanu a otevřených oken. Stejně tak nežádoucím efektem jako je zima, je horko nebo pocit tísně v hodnotících kójiích. Proto je dobré volit kóje, kde je omezený kontakt mezi jednotlivými hodnotiteli (kóje je uzavřená ze stran i zepředu) a hodnotitel má svůj pracovní stůl alespoň 1 m², u kterého se mu pohodlně sedí a má kolem sebe dostatek prostoru pro plnění zadaných úkolů (srov. POKORNÝ *et al.*, 2013:6).

U výše zmíněného stolu by měl mít hodnotitel připravené nádoby, které je zdravotně nezávadné, bez vůně a pachu. Nejvhodnějším materiálem je sklo, porcelán nebo keramika. V případě příborů je vhodné volit nerezové, které pokrmu nepřidávají nepříjemnou chuť jako například hliníkové (srov. POKORNÝ *et al.*, 2013:7).

2.3.2 Metody senzoričké analýzy

Dle počtu zkoumaných vzorků; faktorů, které jsou hodnoceny; počtu a kvality hodnotitelů můžeme vybírat mezi různými typy senzoričké analýzy. Konkrétní metoda, která bude použita, by měla být zvolena právě s ohledem na řešený úkol (srov. INGR 1993:21).

K hlavním laboratorním metodám senzoričké analýzy patří:

- metody rozdílové, rozlišovací;
- metody pořadové;
- hodnocení srovnáním se standardem;
- hodnocení s použitím stupnic;
- poměrové (magnitudové) metody;
- metody slovního popisu, stanovení senzoričkého profilu;
- speciální metody (zjišťování podnětových prahů, stanovení vývoje a doznívání vjemu, stanovení závislosti intenzity vjemu na intenzitě podnětu);
- optimalizační metody (srov. POKORNÝ 1997:21).

Vzhledem k tomu, že v této diplomové práci byla využita metoda pořadová a hodnocení s použitím stupnic, níže se budu zabývat pouze těmito dvěma metodami.

Metody pořadové

Přadové metody jsou velmi běžné a dávno známé. Nejčastěji se používají ve výzkumné a vývojové praxi, menší uplatnění potom nacházejí v kontrole jakosti (srov. PELIKÁN, SUKOVÁ 1998:26). Tato metoda je považována za rozšíření metody rozdílové nebo rozlišovací (srov. POKORNÝ 1990:19). Používá se k orientačnímu rozřídění skupiny vzorků, k výběru vzorků znatelně se lišících od ostatních a v neposlední řadě pro sledování vlivu nějakého faktoru na organoleptické vlastnosti a senzoričskou jakost výrobku (srov. POKORNÝ 1993:43). Vzorky při pořadové metodě lze řadit podle chutnosti, dále podle intenzity některé senzoričké vlastnosti nebo podle oblíbenosti (srov. NEUMAN 1990:163).

Hodnotitel při této metodě obdrží daný počet vzorků v řadě a jeho úkolem je tyto vzorky seřadit dle intenzity zkoumaného znaku např. tvrdosti, sladkosti, apod. (srov. PELIKÁN, SUKOVÁ 1998:26). Během vyhodnocování výsledků se postupuje tak, že se pro každý vzorek zapíše pořadí u jednotlivých hodnotitelů a vypočte se součet

pořadí. Další postup při vyhodnocování výsledků se liší dle úkolů, které měla sensorická analýza za cíl. Je možné zvolit Friedmanův test a to v případě, že je cílem zjištění, jestli je mezi dvěma vzorky průkazný rozdíl. Jestliže je cílem zjištění, jak významně se určitý vzorek liší od ostatního souboru (je sladší, nebo méně sladký), je vhodné zvolit metodu podle Kramera. Pokud je cílem zjistit, zda se sledovaný faktor významně uplatňuje při řazení dle chutnosti, pak je vhodné postupovat podle Page (srov. POKORNÝ 1990:19).

Hodnocení s použitím stupnic

Při hodnocení jakosti je právě hodnocení s použitím stupnic velice oblíbené. Díky tomuto hodnocení je možné vyjádřit kvalitativní rozdíly mezi vzorky. Vlastní hodnocení probíhá za pomoci stupnic, jak již samotný název napovídá. Ingr ve své knize uvádí členění stupnic na nominální, ordinální, intervalové a poměrové. Během sensorické analýzy je však dle Pokorného nejideálnější používat stupnici ordinální (srov. POKORNÝ 1993:57).

Stupnice mohou být intenzivní (slouží k posouzení stupně intenzity dané vlastnosti) nebo hedonické (slouží k posouzení příjemnosti) (srov. PELIKÁN, SUKOVÁ 1998:27). Nejužívanější v praxi jsou stupnice ordinální (srov. INGR *et al.*, 2007:61). Vhodnost jednotlivých stupnic se ale samozřejmě liší dle účelu a jejich výsledky se hodnotí jinými statistickými metodami (srov. POKORNÝ 1993:55).

Příklad typické ordinální hedonické stupnice	
A	vynikající vzorek
B	velmi dobrý
C	dosti dobrý
D	uspokojivý
E	ještě přijatelný
F	špatný, již nepřijatelný
G	velmi špatný, odporný

Tabulka 6 – příklad hedonické stupnice upraveno dle POKORNÝ 1993:59

2.3.3 Význam a uplatnění sensorické analýzy

Podle Neumanna je cílem sensorické analýzy určení absolutní jakostní úrovně posuzovaných potravinářských vzorků; zjištění rozdílů jakosti u dvou, případně více porovnatelných výrobků; zjištění intenzity chutě, vůně; posouzení trvanlivosti výrobků a zjištění oblíbenosti vzhledem k odhadu požadavků spotřebitelů (srov. NEUMAN *et al.*, 1990:17).

Lze tedy obecně říci, že sensorická analýza je objektivním nástrojem určení jakosti a vhodnosti pro konzum, za pomoci lidských smyslů. Někdy bývá také označována jako „věda, jak ochutnávat očima naslepo“ (srov. NEUMAN *et al.*, 1990:19).

Největší význam a uplatnění má sensorická analýza při vývoji nových výrobků a výrobních postupů v potravinářské výrobě. Sensoricky můžeme zjistit, jaký vliv má například receptura, použité suroviny, přidávané látky a další na jakost výrobku (srov. NEUMAN *et al.*, 1990:20).

2.3.4 Smyslové orgány, receptory

Pro správné provedení sensorické analýzy je předpokladem funkčnost smyslových orgánů a jejich receptorů. Člověk je vybaven mnoha smyslovými orgány, které přijímají určité typy podnětů. Každý z těchto smyslových orgánů se vyznačuje citlivostí a specifičností. To znamená, že přijímá jen některé typy podnětů a k těm je mimořádně citlivý. Při posuzování využíváme smysl chuťový, čichový, zrakový a sluchový. Při zkoumání také využíváme taktilní a kinestetické vjemy. Spojením vjemů ze všech těchto smyslů potom získáváme celkový dojem, tedy celkovou přijatelnost daného produktu (srov. POKORNÝ *et al.*, 1998:16).

Smysl zrakový

První kontakt s produktem či poživatinou probíhá pomocí zrakového smyslu. V prvním momentu produkt vidíme a začíná proces hodnocení (srov. POKORNÝ *et al.*, 1998:30).

Zrakové vjemy jsou pro sensorickou jakost potravin velmi důležité, protože vzhled udává předběžné sensorické hodnocení, které často rozhoduje o koupi nebo konzumu výrobku (srov. INGR *et al.*, 2007:14).

Smysl čichový

Navzdory tomu, že člověk v posledních letech využívá čich pouze omezeně, po posouzení zrakovém, většinou přichází na řadu posouzení čichovými receptory. Čichové vjemy jsou hodnoceny značně emotivně. Příjemné vjemy označujeme jako vůni (pokud je vnímána nadechnutím do nosní dutiny) nebo jako aróma (pokud do nosní dutiny přecházejí z ústní dutiny). Nepříjemné čichové vjemy nazýváme zápachem (srov. POKORNÝ *et al.*, 1998:23). Při hodnocení potravin se čichový smysl uplatňuje jako složka kompletního vjemu flavoru; podíl čichového smyslu se pak nazývá aroma (srov. POKORNÝ *et al.*, 1998:29).

Optimální schopnost posuzovat čichem je dosažena teprve kolem patnácti let věku a je možno ji udržet na stejné úrovni až do 60 let. U pohlaví není stanoven jasný rozdíl, jde spíše o zkušenost, pozornost a citové vnímání. Také některé chuťové látky mají vliv na schopnosti čichového smyslu a snižují jej. K těmto látkám patří například alkohol a tuk (srov. POKORNÝ *et al.*, 1998:29).

Smysl chuťový

Po té, co spotřebitel zhodnotí zrakovým a čichovým smyslem, že je poživatina nezávadná, přichází na řadu ochutnání, tedy posouzení smyslem chuťovým (srov. POKORNÝ *et al.*, 1998:19).

Chuťové receptory jsou do jisté míry specializovány, takže rozeznáváme několik základních chutí – trpkou, sladkou, svíravou, ostrou, slanou, kovovou, hořkou, chladivou, hřejivou, pálivou a umami. Umami je japonský výraz, jedná se o nově identifikovanou chuť pocházející z asijské kuchyně. Umami-1 vnímáme na zadní části jazyka a umami-2 v zadní části dutiny ústní (srov. POKORNÝ *et al.*, 1998:22).

Vnímání chuti trvá poměrně dlouhou dobu, protože chuťově aktivní látky se nejprve musí rozpustit, proniknout do chuťových pohárků a v nich ještě prosáknout slizovou vrstvou k chuťovým buňkám (srov. POKORNÝ *et al.*, 1998:23).

Stejně tak jako ostatní smysly, chuťový smysl sám o sobě nemá významný vliv na sensorickou analýzu, ale výrazně se uplatňuje při kompletním vnímání v ústech (jako součást tzv. flavoru). V tomto smyslu je nejdůležitější stránkou sensorického posouzení (srov. POKORNÝ *et al.*, 1998:23).

Smysl sluchový

Méně důležitým a dnes už méně významným pro hodnocení poživatin je smysl sluchový. Sluchový smysl se využívá především při konzumaci zeleniny a ovoce (např. jablek), kdy křupavý zvuk dokazuje čerstvost produktu. Křupavý zvuk je také příjemným požitkem u bramborových lupínků (srov. INGR *et al.*, 2007:16).

Smysl taktilní

Tento smysl byl dříve nazýván hmatovým. Pomocí hmatu zjišťujeme tvar a velikost těles, jakost jejich povrchu a zjišťuje se také působení tlaku na povrch těla nebo sliznice (srov. INGR *et al.*, 2007:18).

Pro hodnocení potravin používáme hlavně receptory ústní dutiny, rtů a rukou. Na rozdíl od čichových a chuťových receptorů vnímáme každou stránku zvlášť (např. tvar, velikost, drsnost, aj.). Při degustaci (ochutnávání) vnímáme v ústech změny velikosti, tvaru a charakteru povrchu. Při dostatečné hladkosti povrchu se dostaví polykací reflex (srov. INGR *et al.*, 2007:19).

Smysl kinestetický

Uvnitř lidského těla jsou umístěny tzv. kinestetické receptory. Tímto smyslem se zjišťují například tvrdost, křehkost, elasticita, hmotnost a řada podobných vlastností zkoumaného předmětu. Při sensorické analýze potravin se zpracovávají podněty z obou hmatových smyslů a osoby bez speciálního školení je ani nerozliší (srov. POKORNÝ *et al.*, 1998:47).

2.4 Sensorická jakost pekařských výrobků - chléb

Při posouzení pečiva se zkoumají dvě skupiny znaků. První skupinou jsou znaky vnější, které jsou pro spotřebitele rozhodující. Tyto znaky jsou hodnoceny zrakem a patří mezi ně například objem výrobku, jeho barva a celkový vzhled. Například objem je považován za nejdůležitější ukazatel, u něhož je žádoucí přiměřené vyklenutí; naopak okrouhlý či nízký tvar je považován za vadu. Druhou skupinou jsou znaky vnitřní. K těmto znakům se řadí vlastnosti střídky, kterými jsou například struktura, pórovitost, ale i vůně a chuť (srov. INGR *et al.*, 2007:95). Vůně by měla být silně chlebová, charakteristická pro daný výrobek. Nežádoucí je projevení skladovacího, zatuchlého nebo jiného cizího pachu (srov. INGR *et al.*, 2007:76).

Dle SZPI se hodnotí pět senzorických ukazatelů jakosti – vzhled, tvar, kůrka, povrch a střídka, které se z určitého procenta podílejí na celkové jakosti. Každý z těchto ukazatelů má své speciální způsoby hodnocení. Například střídka se hodnotí vizuálně, stiskem, skousnutím a žvýkáním (srov. HAMR 2015).

Z hlediska senzorického hodnocení může mít chléb dobré vlastnosti i vlastnosti špatné. Vady chleba jsou především vady tvaru, vzhledu, objemu a vady kůrky. Nízký objem chleba vypovídá o vymíchání příliš volného těsta nebo nízké teplotě v peci. Naopak chléb, který je příliš vysoký a úzký, může být vyroben z příliš tuhého těsta (srov. HAMR 2015).

Jakostní znak	% podíl z celkové jakosti
Objem	10 %
Tvar	10 %
Kůrka	20 %
Střídka	30 %
Vůně	10 %
Chuť	20 %

Tabulka 7 – podíl jakostních znaků upraveno dle www.szpi.gov.cz

3 CÍL PRÁCE

V praktické části této diplomové práce bylo cílem navrhnout recepturu na bezlepkový chléb ze směsi přirozeně bezlepkových druhů mouky, která bude vyhovovat požadavkům koncového spotřebitele. Druhým cílem bylo obohacení tohoto pečiva o vhodné látky, které by zvýšily antioxidační aktivitu a přirozeně ovlivnily strukturu zkoumaného vzorku. Třetím a posledním cílem bylo zjištění, jestli obohacující složka má pozitivní vliv na stárnutí bezlepkového pečiva, které je velkým problémem u prodávaných bezlepkových výrobků.

Aplikační část byla tedy rozdělena na následující fáze:

1. Výroba bezlepkových vzorků

- Cílem je navrhnout vhodnou kombinaci přirozeně bezlepkových druhů mouky a v laboratoři Zemědělské fakulty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích následně připravit čtyři pokusné vzorky pro senzoryckou analýzu.

2. Senzorická analýza

- Pomocí vyhodnocení senzoryckého profilu zjistit, jaký vliv má přidaná obohacující složka na vnímání spotřebitele. Jestli tato složka významně ovlivňuje některý z klíčových senzoryckých ukazatelů.
- Pomocí pořadové preferenční zkoušky zjistit, zdali některý výrobek spotřebitelé preferují významně více a jestli obohacující složky neovlivní negativně konzumenty.

3. Měření antioxidační aktivity metodou DPPH

- Pomocí metody DPPH (2,2-diphenyl 1-picrylhydrazyl) zjistit, zda obohacující složky významně navýší antioxidační aktivitu ve vyrobeném bezlepkovém pečivu.

4. Analýza stárnutí pečiva

- Pomocí textuometru s válcovou sondou zjistit, jaký mají obohacující složky vliv na tvrdnutí střídky.

4 MATERIÁL A METODIKA

4.1 Popis výrobků a uskutečnění výzkumu

V současné době je nedílnou součástí jídelníčku lidské populace pečivo. Pečivo, které je vyrobeno z klasické mouky (pšeničné, žitné, ječné, ovesné apod.) však není vhodné pro konzumaci některými zdravotně indisponovanými jedinci. Takové pečivo u nich může vyvolat nežádoucí reakce. Z tohoto důvodu je nutné nahradit klasické mouky moukami z alternativních surovin, kterými jsou například pohanka, rýže, kukuřice a další plodiny výše popsané, které neobsahují lepek.

Problémem při onemocněních způsobených lepkem a zejména celiakii může být tzv. malaabsorpce – porucha trávení a vstřebávání důležitých základních živin. Proto lze doporučit obohacování bezlepkového pečiva zdravotně prospěšnými látkami, které vylepšují nutriční složení těchto produktů. Vhodným obohacením může být přídavek antioxidantů – například cibule, která kromě toho, že zlepšuje antioxidační vlastnosti, může zlepšovat i vláčnost pečiva a jeho trvanlivost.

V laboratoři Katedry kvality zemědělských produktů v Českých Budějovicích byly proto připraveny vzorky z přirozeně bezlepkových chlebů obohacených právě o výše zmíněnou cibuli, resp. některé její části. Všechny vzorky měly totožné základní složení (pohanková mouka, kukuřičná mouka, rýžová mouka, lněná mouka, olej, voda a sušené droždí). Rozdíl mezi jednotlivými vzorky byl pouze v přidání různých složek cibule.

Bylo využito místních malých automatických pekáren značky Eta Duplica Vita a sušárny pro sušení cibule. Upečeny byly celkem čtyři druhy chlebů. Z těchto druhů byly vytvořeny vzorky a následně byla hodnotiteli provedena jejich senzorická analýza. Hodnotitelé zaznamenali své poznatky do připravených protokolů a výsledná data byla zpracována v programu Microsoft Excel 2010 a Microsoft Word.

Dalším provedeným měřením byl pokus zaměřený na zjištění navýšení antioxidační aktivity v bezlepkových vzorcích pomocí metody DPPH.

Poslední část výzkumu, byla zaměřená na zjištění, jestli má přídavek obohacujících složek vliv na proces stárnutí bezlepkového pečiva. K tomuto pokusu byl využit Texturometr TA.XT Plus vybavený válcovou hliníkovou sondou.

4.2 Receptura, příprava surovin, výroba vzorků

Vzorky chlebů byly upečeny v pekárnách, kterými disponuje laboratoř Jihočeské univerzity. K pečení byly použity pekárny Eta Duplica Vita. Chleby byly připraveny totožným způsobem, podle stejné receptury. Rozdíl byl pouze v jejich složení a přídavku obohacující složky (smažená cibule, sušená cibule se slupkami a mleté cibulové slupky). Jeden vzorek, vzorek č. 2 – byl bez přídavku cibulové složky a sloužil jako kontrolní. Podrobné složení všech vzorků bezlepkového pečiva je uvedeno v následující tabulce.

Suroviny	vzorek č. 1 se sušenou cibulí	vzorek č. 2 kontrolní	vzorek č. 3 s cibulovými slupkami	vzorek č. 4 se smaženou cibulí
Pohanková mouka	350 g	368 g	350 g	350 g
Kukuřičná mouka	250 g	263 g	250 g	250 g
Rýžová mouka	200 g	210 g	200 g	200 g
Lněná mouka	170 g	179 g	170 g	170 g
Olej	20 ml	20 ml	20 ml	-
Voda	420 ml	420 ml	420 ml	420 ml
Cibulové slupky	-	-	50 g	-
Smažená cibule	-	-	-	50 g
Sušená cibule	50 g	-	-	-

Tabulka 8 – složení jednotlivých vzorků (zdroj: autorka)

Příprava surovin

Zvolené obohacující složky do pečiva byly připraveny předem a jejich množství přídavek byl ve výši 5% náhrady bezlepkové mouky.

Sušená cibule byla nakrájena na plátky o síle 5 mm, pak vložena na plechu do sušárny. V sušárně se sušila při teplotě 40°C po dobu 48 hodin.

Cibule smažená byla rovněž nejdříve nakrájena na drobné části, které po tepelném opracování velikostí vyhovují přímému přídavku do bezlepkového těsta. Tato obohacující složka byla nakrájena na jemnější kousky, než tomu bylo u cibule sušené. Poté bylo přidáno 20 ml řepkového oleje a cibule byla osmažena. Maximální teplota

smažení byla 125°C po dobu 5 minut. Vzhledem k tomu, že při smažení bylo využito oleje, další olej se již do těsta nepřidával.

Poslední obohacující složkou byly cibulové slupky. Čisté cibulové slupky byly namlety a následně přidány v množství 50 g do připraveného těsta.

Příprava vzorků pečiva

Do pekárny se nejprve vkládají tekuté složky, aby nedošlo k přilepení mouky na nádobu a nedostatečnému promíchání obsahu – jako první byla tedy nalita voda a olej, následně byly přidány sypké suroviny. Po vložení všech složek do pečicí nádoby započala první pečicí fáze – zadělávání těsta. Tato fáze trvala po dobu 30 minut při teplotě 22 – 24°C. Po zpracování těsta došlo k druhé fázi – kynutí těsta. Kynutí těsta probíhalo při teplotě 33 – 34°C a trvalo 60 minut. Poslední fází byla fáze pečení. Všechny vzorky byly pečeny po dobu 60 ti minut při teplotě 180°C. Celková doba přípravy vzorků v pekárně byla 150 minut. Po upečení byly chleby ponechány ve formě ke zchladnutí v pokojové teplotě s otevřeným víkem pekárny.

Vzorky bezlepkového pečiva byly očíslovány čísly 1 – 4:

- vzorek označený číslem 1 obsahoval sušenou cibuli se slupkou;
- vzorek označený číslem 2, vzorek kontrolní;
- vzorek označený číslem 3 obsahoval mleté cibulové slupky;
- vzorek označený číslem 4 obsahoval cibuli smaženou na řepkovém oleji.



Obrázek 7 – pekárna Eta Duplica Vita (zdroj: autorka)

4.3 Senzorická analýza

4.3.1 Průběh sensorické analýzy

Vlastní sensorické hodnocení bylo prováděno během vyučování v dopoledních a odpoledních hodinách. Sensorickou analýzu provádělo celkem 33 studentů (8 mužů a 25 žen) Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích ve dvou skupinách. Hodnocení bylo provedeno v sensorické laboratoři a před začátkem zkoušky bylo studentům objasněno, jak při hodnocení postupovat. Během sensorické analýzy byla v místnosti přítomna osoba, která dbala na správný průběh sensorické analýzy. V místnosti bylo $22^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Tato teplota je považována za víceméně ideální pro hodnocení vzorků. Pro účely sensorické analýzy byly vyhotoveny čtyři druhy bezlepkového chleba s odlišným složením (přesné složení je uvedeno výše). Ty byly upečeny den předem, v den hodnocení nakrájeny na centimetrové plátky a podávány náhodně očíslované na keramickém talířku. K neutralizování chuti měli hodnotitelé k dispozici neperlivou pitnou vodu. Na stole byly připraveny hodnotící protokoly, do kterých měli hodnotitelé zaznamenávat své poznatky.

4.3.2 Sensorický profil

Hodnotitelé měli v první fázi za úkol vyhodnotit sensorický profil, při kterém se jednalo o následující deskriptory: vzhled, chuť, vůni, texturu a celkovou přijatelnost předložených vzorků. Těmto ukazatelům měli přiřadit bodové skóre na stupnici od 1 do 5, kdy skóre číslo 5 bylo považováno za nejlepší.



Obrázek 8 – sensorické hodnocení (zdroj: autorka)

4.3.3 Pořadová preferenční zkouška

Ve druhé fázi bylo nutné zaznamenání dat pro pořadovou zkoušku.

Aby mohla být stanovena průkaznost zjištěných dat, bylo nutné použít statistické metody k vyhodnocení. V této diplomové práci byla použita pořadová preferenční zkouška.

Zkouška spočívala v tom, že hodnotitel obdržel v náhodném pořadí skupinu čtyř vzorků a jeho úkolem bylo seřadit je podle určeného ukazatele. V tomto případě se jednalo o seřazení podle celkové přijatelnosti daného chleba.

Hodnotitelům bylo doporučeno vzorky nejprve zkoušet v předloženém náhodném pořadí zleva doprava a předběžně si je seřadit, např. podle stoupající nebo klesající příjemnosti. Poté pořadí dodatečně upravit dle potřeby.

4.4 Stanovení antioxidační aktivity metodou DPPH

Antioxidační aktivita je významným ukazatelem antioxidačních vlastností studované potraviny. Pro ověření navýšení antioxidační aktivity bezlepkových chlebů, po přidavku surovin bohatých na antioxidanty, byla stanovena antioxidační aktivita metodou DPPH (2, 2 -diphenyl-1-picrylhydrazyl) podle Brand – Williams *et al.* (1995) a Sanchez-Moreno *et al.* (1998). Tato metoda je běžně využívanou metodou. Metoda DPPH spočívá v tom, že metanolový extrakt lyofilizovaného vzorku vytváří intenzivní fialové zbarvení, které se v přítomnosti antioxidantu odbarvuje do žluta. Toto odbarvení je lehce pozorovatelné pouhým okem a jeho rychlost a rozsah je úměrný antioxidační účinnosti analyzované látky. Nejčastěji se však tato metoda vyhodnocuje spektrofotometricky (srov. PAULOVÁ 2004). Vlastní analýza byla provedena v laboratořích Výzkumného ústavu potravinářského Praha v. v. i.. Výsledky jsou vyjádřeny jako mg TE/g sušiny (TE - trolox ekvivalent).

4.5 Analýza stárnutí pečiva

Obecným problémem bezlepkového pečiva je jeho stárnutí. Vyznačuje se velmi rychlým tvrdnutím střídky i kůrky díky absenci lepku v bezlepkových moukách. U vyrobených vzorků, které byly obohaceny surovinami obsahujícími vysoké množství antioxidantů, byla provedena analýza tvrdosti střídky metodou upravenou podle Moore *et al.* (2008). Konkrétně byl použit Texturometr TA.XT Plus vybavený válcovou hliníkovou sondou s průměrem 55 mm. Tato sonda byla nastavena na testovací rychlost

2 mm/s se spouštěcí silou 20 g, která zmáčkla přesně 25 mm široký krajíc chleba do 60 % původní šířky. Měření probíhalo po upečení pečiva, dále 24 hodin, 48 hodin a 72 hodin po výrobě chleba. Po tuto dobu byly vzorky skladovány při pokojové teplotě v polyethylenových sáčcích bez modifikované atmosféry. Všechna měření každé skupiny byla provedena na dvou plátcích vzorku o síle 2 cm, analyzovaných vždy 2x, tzn. $n = 4$. Výsledky byly vyjádřeny jako síla (N) potřebná ke stlačení střídy (krajíce) chleba do 60 % původní šířky krajíce.

4.6 Statistické vyhodnocení výsledků

Všechna data, která byla zjištěna během výzkumu, byla nejprve pro lepší přehlednost převedena z tištěné formy do elektronické podoby v programu Microsoft Excel. Byly vypracovány grafy, použita Friedmanova ANOVA a parametrická ANOVA.

4.6.1 Vyhodnocení výsledků pořadové preferenční zkoušky

Všechna data byla v programu Microsoft Excel 2016 zpracovávána do tabulek. Data byla uspořádána do sloupců, které odpovídaly jednotlivým vzorkům a řádky jednotlivým hodnotitelům. Aby bylo možné zjištění statisticky významných rozdílů, byl použit výpočet podle Pokorného *et al.* (1997).

Výsledky pořadové preferenční zkoušky byly vyhodnoceny ve dvou krocích. Nejprve byla sečtena pořadí přiřazená jednotlivým vzorkům pro celý soubor hodnotitelů (příklad hodnocení ukazuje tabulka č. 9). Získané součty pořadí pak byly zpracovány níže popsaným statistickým postupem.

Hodnotitel	Pořadí vzorku č. 1	Pořadí vzorku č. 2	Pořadí vzorku č. 3	Pořadí vzorku č. 4
1	3	1	4	2
2	1	2	4	3
3	2	4	3	1
4	2	3	4	1
Součet pořadí	8	10	15	7

Tabulka 9 – Příklad výsledků součtu pořadí při pořadové zkoušce (zdroj: autorka)

Po sečtení pořadí jednotlivých vzorků bylo nezbytné získané hodnoty dosadit do předem stanoveného vzorce. Pokorný a kol. (1997) uvádí vzorec následující:

$$F = \frac{12}{j \times p \times (p + 1)} \times (R_1^2 + R_2^2 + R_3^2 + R_4^2) - 3 \times j \times (p + 1)$$

V tomto vzorci je:

j = počet hodnotitelů

p = počet vzorků

R₁ – R₄ = příslušné součty pořadí

Poté, co se výsledné součty pořadí společně s počtem vzorků dosadí do patřičného vzorce, je výslednou hodnotu nutno porovnat s tabulkou č. 10, která udává mezní hodnoty pro určitý počet hodnotitelů a počet vzorků při pravděpodobnosti p = 95 %.

Počet hodnotitelů	Počet srovnávaných vzorků při pravděpodobnosti p = 95 %		
	3 vzorky	4 vzorky	5 vzorků
3	6,00	7,00	8,53
4	6,50	7,50	8,80
5	6,40	7,80	8,96
6	6,33	7,60	9,49
7	6,00	7,62	9,49
8	6,25	7,65	9,49
9 a více	6,22 apod.	7,81	9,49

Tabulka 10 – kritické hodnoty pro hladinu pravděpodobnost P = 95 % (upraveno dle POKORNÝ 1997:46)

4.6.2 Vyhodnocení senzorického profilu

Hodnocení vzhledu, vůně, chuti, textury a celkové přijatelnosti, bylo zaznamenáno pomocí ordinálních stupnic (1 – 5), kdy pět bylo považováno za nejlepší hodnocení. Na základě získaných hodnot byl poté v programu Microsoft Excel vypočítán průměr. Tento průměr byl pro lepší přehlednost použit k sestrojení grafů. Statistické vyhodnocení bylo rovněž provedeno pomocí Friedmanovy neparametrické analýzy rozptylu (ANOVA) v programu Statistica 12 na hladině významnosti P = 0,05. Tato metoda byla zvolena po ověření normality dat pomocí Shapiro-Wilkova testu, kde bylo zjištěno, že data nemají normální rozdělení.

4.6.3 Vyhodnocení antioxidační aktivity a stárnutí pečiva

Vyhodnocení získaných dat z analýzy antioxidační aktivity a měření textury, bylo provedeno parametrickou analýzou rozptylu (ANOVA) s použitím post – hoc Tukeyova HSD testu.

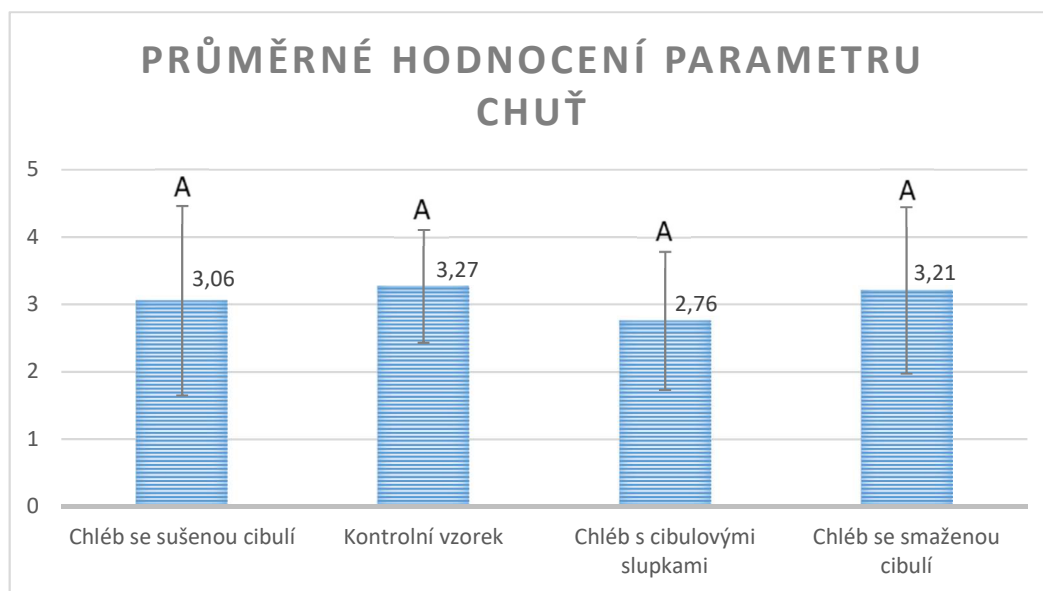
5 VÝSLEDKY A DISKUZE

5.1 Vyhodnocení senzoričkého profilu bezlepkového chleba

Hodnocení parametru chuť

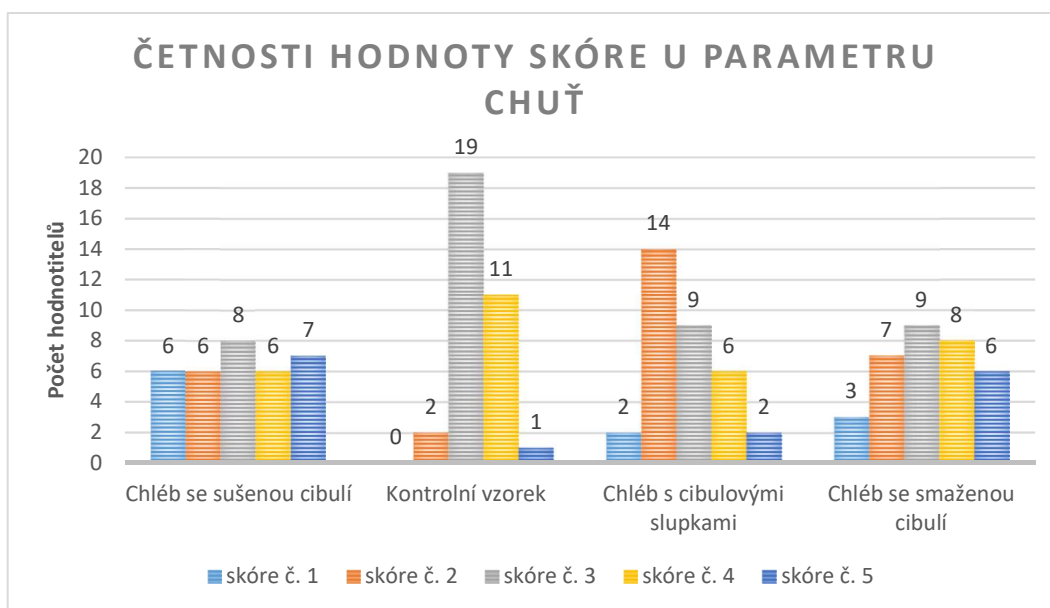
Nejdůležitější organoleptickou vlastností je chuť. Hodnotitelé během svého hodnocení posuzovali příjemnost chuti daného vzorku, jeho přijatelnost, a to, jestli je chuť typická pro daný výrobek, bez cizích pachutí. U tohoto parametru bylo rozhodujícím faktorem, jestli je chuť příjemná, chlebová. Hlavním cílem bylo zjistit, zda přidání obohacujících složek negativně neovlivní vnímání daného pečiva spotřebitelem. Hodnotitelé vzorky hodnotili pomocí ordinální stupnice hodnocením 1 – 5, kdy 5 je považováno za nejpreferovanější vzorek.

Graf č. 1 vyjadřuje, který vzorek byl považován za nejchutnější. Tímto vzorkem byl vzorek č. 2, tedy vzorek kontrolní. K tomuto vzorku nebyla přidána žádná obohacující složka. Průměrné hodnocení bylo 3,27. Za vzorek nejméně preferovaný byl považován vzorek č. 3 – chléb s cibulovými slupkami, s celkovým hodnocením 2,76. Nicméně rozdíly mezi nimi nebyly statisticky významné ($p > 0,05$).



Graf 1 – Zobrazení hodnocení u parametru chuť (zdroj: autorka)

V četnosti hodnoty skóre byl mezi hodnotiteli nejpreferovanější vzorek č. 1 s přidavkem sušené cibule. Zároveň však tento vzorek dostal největší počet skóre nejhoršího. Nelze tedy usoudit, že by byl považován za nejchutnější.



Graf 2 – četnosti hodnoty skóre u parametru chuť (zdroj: autorka)

SZEMES a KAROVIČ (1992) definují chutnost chleba jako určitou subjektivní hodnotu. Chuť by měla být příjemná, lahodná, typicky chlebová, bez cizích příchutí.

STOKKOM *et al.* (2016) uskutečnili hodnocení intenzity chutí u vybrané zeleniny. Mezi hodnocenou zeleninou byla zahrnuta také cibule. Ta byla v převážné míře hodnocena hodnotiteli jako hořká. GAWLIK – DZIKI *et al.* (2014) ve své studii publikuje, že vyšší přidavek cibule může způsobit ostrou vůni a chuť, což mohlo být způsobeno větším množstvím těkavých látek, které negativně ovlivňují aroma a chuť produktu. Přítomnost těchto látek potvrzuje také BENÍTEZ *et al.* (2011). GRIFFITHS *et al.* (2002) uvádí, že typickou chuť a vůni cibule způsobují tři hlavní prekurzory. Tyto prekurzory jsou S-alk(en)yl cystein sulfoxidy ACSO. V cibuli se vyskytují tři hlavní – methiin (S-methyl-L-cystein sulfoxid), propiin (S-propyl-L-cystein sulfoxid) a isoalliin (S-(propen-1-yl)-L-cystein sulfoxid).

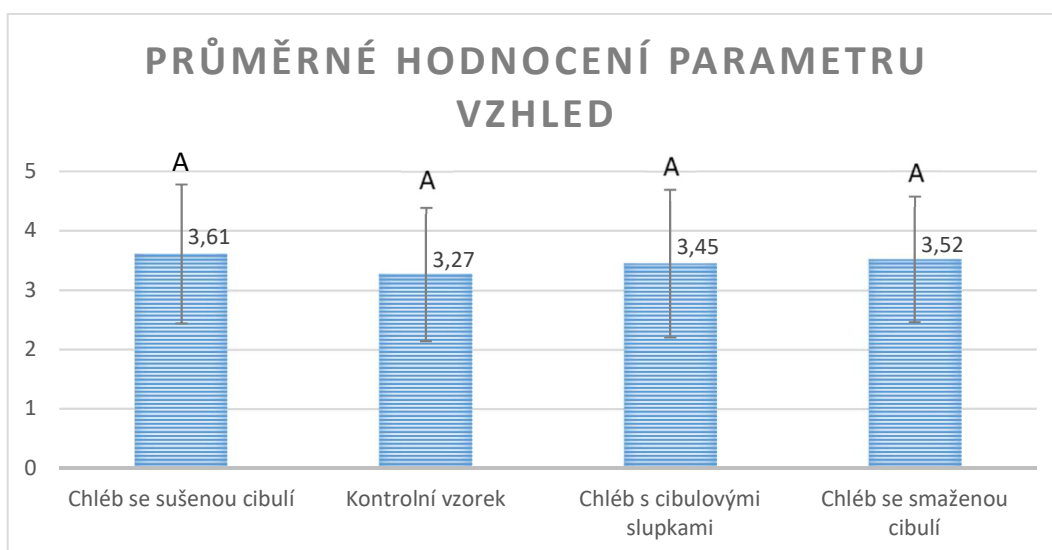
Tento fakt mohl zapříčinit nejlepší průměrné hodnocení kontrolního vzorku, který byl prostý cibulových složek. Také PROKOPOV *et al.* (2018) ve svém vědeckém článku popisuje negativní ovlivnění sensorické jakosti u pečiva, ve kterém bylo více než 3 % cibulových složek a shoduje se tak s touto diplomovou prací. Řešením negativního vlivu obohacujících složek u pečiva, které obsahovalo 5 % cibulových

slupek, může být snížení obsahu obohacující složky na míru, která negativně neovlivňuje senzorickou hodnotu. Jak vysoký, by byl tento přírůstek, může být předmětem dalšího zkoumání.

Hodnocení parametru vzhled

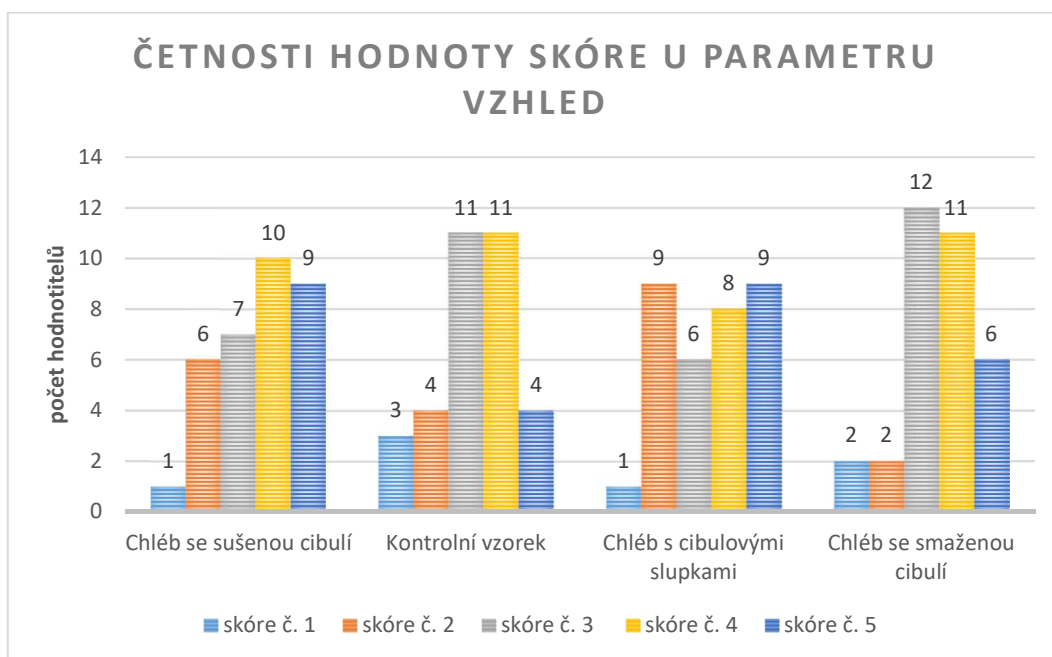
Vzhled je dalším z důležitých parametrů při hodnocení produktů. Pro spotřebitele hraje klíčovou roli při výběru a následném nákupu. U chleba hodnotitelé hodnotí, jestli je pravidelně formovaný, nemá plochý tvar, zda je kůrka stejnoměrná, zlatohnědá, není příliš bledá, apod. V případě této diplomové práce bylo zjišťováno, jestli má obohacující složka pozitivní, negativní či nulový vliv na vnímání konečného spotřebitele.

Jako nejlíbivější byl hodnocen první vzorek, tedy vzorek obohacený o sušenou cibuli s kousky cibulových slupek. Průměrné hodnocení tohoto vzorku bylo 3,61. Ani v tomto případě se neprokázaly statisticky významné rozdíly ($p > 0,05$).



Graf 3 – průměrné hodnocení parametru vzhled (zdroj: autorka)

Čtvrtý graf ukazuje, že největší počet nejhoršího skóre získal druhý vzorek (bez přidání obohacující složky). Naopak nejlépe hodnocen byl první a třetí vzorek. První vzorek byl chlebem obohacným o sušenou cibuli se slupkami a vzorek číslo 3 byl obohacen o cibulové slupky. Za nejlepší byly tedy považovány obohacené vzorky. U barvy jednotlivých vzorků rovněž nebyly mezi vzorky statisticky významné rozdíly ($p > 0,05$).

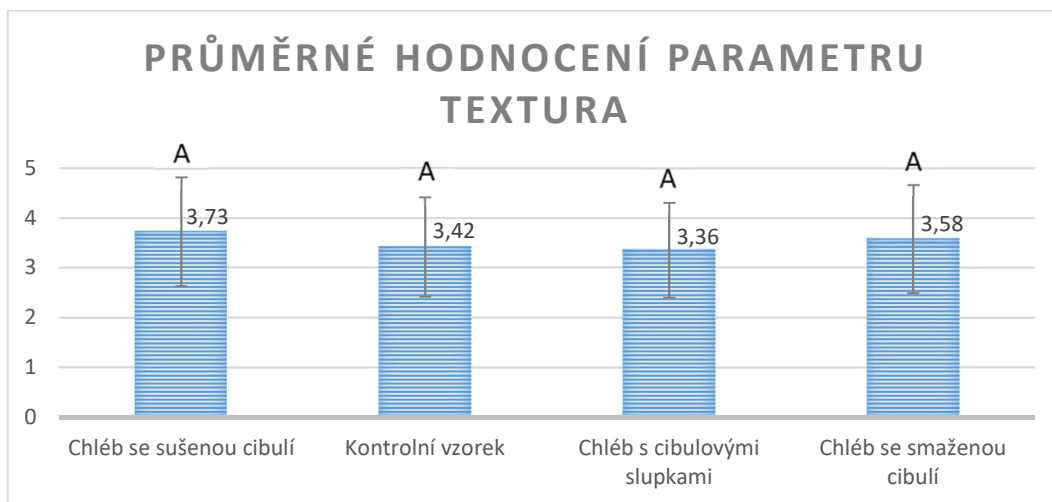


Graf 4 – četnosti hodnoty skóre parametru vzhled (zdroj: autorka)

Barva chleba odpovídá použité surovině. V ideálním případě by chléb měl být kaštanovo-hnědý až tmavohnědý, vyjma chlebů čistě pšeničných, jak definují SZEMES a KAROVIČ (1992). Obohacení o cibulové složky může ovlivnit barvu výrobku, který je poté mnohem tmavší (hnědší), než vzorek kontrolní (GAWLIK – DZIKI *et al.*, 2014). PROKOPOV *et al.* v senzoričném hodnocení chleba s přidanými cibulovými odpady rovněž zjistili, že chléb, který byl obohacen odpady z cibule, byl mnohem tmavší barvy, než byl kontrolní vzorek. Spotřebitel ho hodnotí pozitivněji nejspíše proto, že mu připomíná barvu běžného pečiva.

Hodnocení parametru textura

Vzorek, který byl nejlépe hodnocen, co se týče mechanických, geometrických a povrchových vlastností, byl první vzorek, který obsahoval sušenou cibuli s kousky cibulových slupek. Tento vzorek měl průměrné bodové skóre 3,73. Stejně tak jako u předchozích parametrů ani u tohoto parametru se neprokázaly mezi vzorky statisticky významné rozdíly ($p > 0,05$).

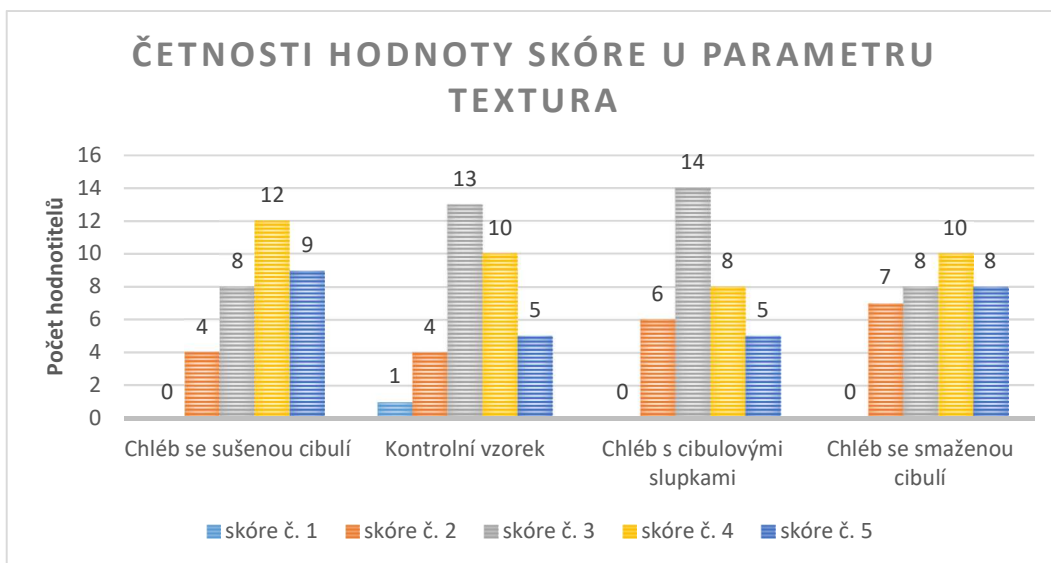


Graf 5 – průměrné hodnocení parametru textura (zdroj: autorka)

V šestém grafu vidíme hodnocení textury upečených vzorků. Během hodnocení textury se objevilo hodnocení všemi skóre. I v tomto případě se vyskytovalo hodnocení pořadím jedna nejčastěji u druhého vzorku. Naopak nejvíce skóre nejlepšího, obdržel první vzorek (od 9 hodnotitelů). Ten byl vzorkem obohacným o sušenou cibuli s cibulovými slupkami.

GAWLIK – DZIKI *et al.* (2014) ve svém výzkumu vlivu cibule na texturu chleba zjistili, že mezi obohacenými vzorky cibulí a vzorkem kontrolním není statisticky významný rozdíl. Na druhou stranu nejčastěji získané skóre všech zkoumaných vzorků bylo průměrné. To mohlo být dle MORAIS *et al.* (2014) způsobeno tím, že v případě výroby bezpečkových chlebů se běžně přidávají chemické přísady, aby se zlepšil vzhled a textura daného výrobku, což se v tomto případě neuskutečnilo. Druhým faktorem nízkého skóre může být fakt, že bezpečkové chleby obsahují nedostatečné množství lepkových vazeb, což vede k nižšímu objemu bochníku, jak uvádějí OZTURK a MERT (2018). Negativní ovlivnění textury zaznamenali také TONYALI a SENSOY (2016), kteří zkoumali přidavek cibulového prášku do pšeničné mouky při výrobě extrudovaných výrobků. Tyto výrobky měly oproti kontrole menší průměr

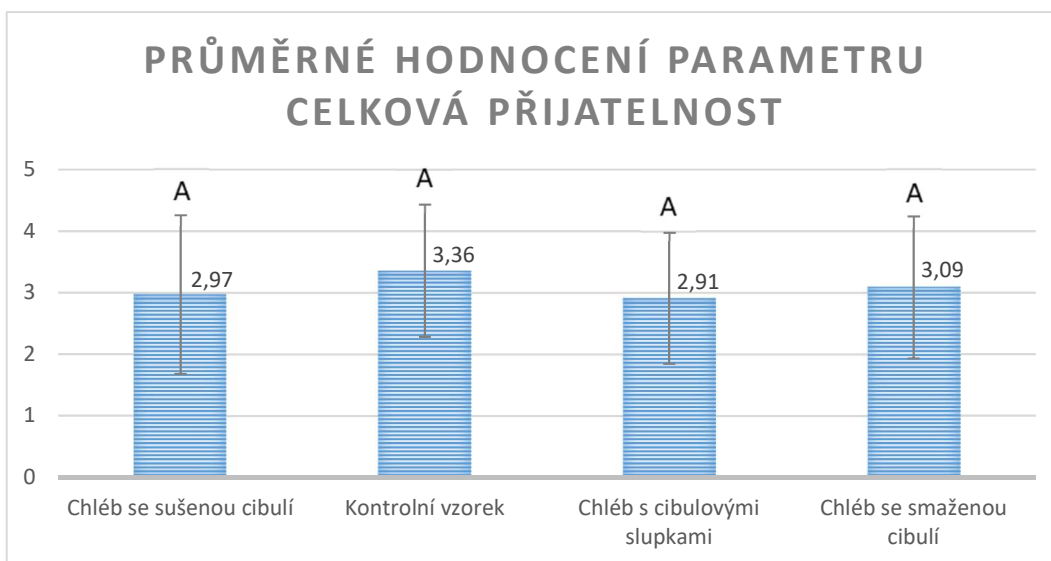
a velikost pórů. Nejhorší hodnocení získal vzorek s cibulovými slupkami. To může být dáno i tvrdostí střídy, která byla zjištěna i instrumentální analýzou textury (kapitola 5.4).



Graf 6 – četnosti hodnoty skóre u parametru textura (zdroj: autorka)

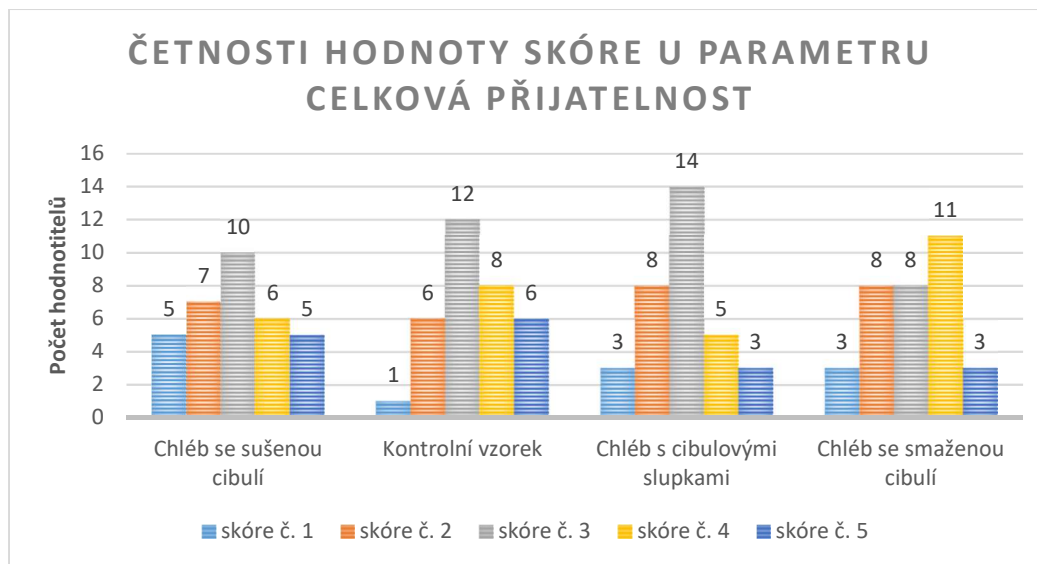
Hodnocení parametru celková přijatelnost

Ačkoli v předchozích parametrech byly za nejlepší považovány vzorky obohacené, za celkově nejpřijatelnější byl hodnotiteli hodnocen druhý vzorek. Tento vzorek byl vzorkem kontrolním, bez obohacující složky. Nicméně nebyly prokázány statisticky významné rozdíly mezi hodnocenými vzorky ($p > 0,05$).



Graf 7 – průměrné hodnocení parametru celková přijatelnost (zdroj: autorka)

Za celkově nejpříjemnější považovalo šest hodnotitelů druhý vzorek. Současně však tento vzorek také získal od šesti hodnotitelů nejhorší skóre. Nejvíce hodnotitelů dávalo skóre tři, tedy průměrné hodnocení. Jen u čtvrtého vzorku převládalo skóre čtyři, jak je patrné z grafu č. 8.



Graf 8 – četnosti hodnoty skóre u parametru celková přijatelnost (zdroj: autorka)

V současné době existuje v literatuře jen velmi málo zmínek o jakémkoli vlivu přidání cibulových složek na sensorické vlastnosti (srov. Bedrníček, 2017). GAWLIK – DZIKI *et al.* (2014) potvrzují svým výzkumem minimální dopad přidání cibulové složky do chleba na celkovou přijatelnost vyrobeného pečiva. Naopak studie ALAHAKOONA *et al.* (2013), která se zabývala přidavkem ethanolového extraktu ze slupek cibule do kuřecího masa, udává negativní ovlivnění organoleptických vlastností. Z grafu číslo 8 je však patrné, že všechny vzorky dosahovaly pouze průměrné úrovně hodnocení i u tohoto parametru.

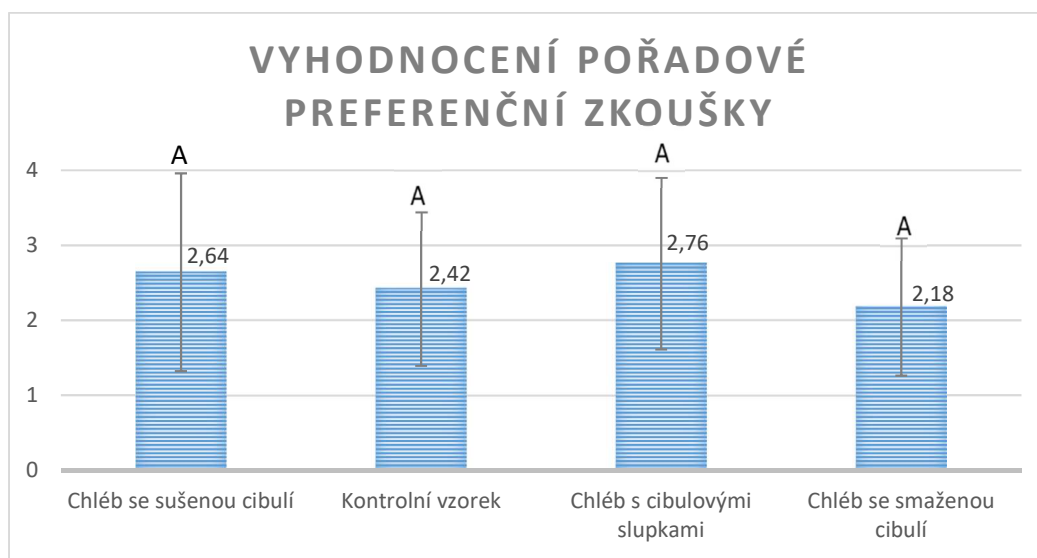
ROSELL a SANTOSS (2010), ZIOBRO *et al.* (2012) uvádějí, že bezlepkový chléb má špatnou sensorickou kvalitu, která je spojena s rozpadající se texturou, drobivostí a nedostatkem chuti. PACYŇSKÝ *et al.* (2015) rovněž popisuje bezlepkový chléb jako celkově odlišný od pšeničného nebo pšenično-žitného chleba, pokud jde o jeho smyslové vlastnosti. Tyto chleby podle něj mají horší strukturu, ale také například slabou vůni.

Výše zmíněné faktory spolu s faktem, že hodnotitelé jsou v běžném životě konzumenty pšeničného chleba a mohou tak mít tendenci porovnávat bezlepkový chléb s chlebem klasickým pšeničným, mohou bodové skóre negativně ovlivňovat.

5.2 Vyhodnocení pořadové zkoušky

Statistické a grafické zpracování výsledků pořadové preferenční zkoušky hodnotitelů

Následující graf ukazuje, jaký vzorek byl nejpreferovanějším. Vyplývá z něj, že nejvíce přijatelným vzorkem pro všechny hodnotitele, byl čtvrtý vzorek s průměrným hodnocením 2,2 bodů (vzorek obohacený o smaženou cibuli).



Graf 9 – vyhodnocení pořadové preferenční zkoušky (zdroj: autorka)

Aby bylo možné zjistit, zda se v hodnocení respondentů vyskytují významné rozdíly proti celkovému hodnocení, bylo vhodné využít statistické vyhodnocení.

Pro výpočet byl použit následující vzorec:

$$F = \frac{12}{j \times p \times (p + 1)} \times (R_1^2 + R_2^2 + R_3^2 + R_4^2) - 3 \times j \times (p + 1)$$

	R₁ vzorek č. 1	R₂ vzorek č. 2	R₃ vzorek č. 3	R₄ vzorek č. 4
Příslušné součty pořadí	87	80	91	72

Tabulka 11 – příslušné součty pořadí (zdroj: autorka)

Dosazení do rovnice:

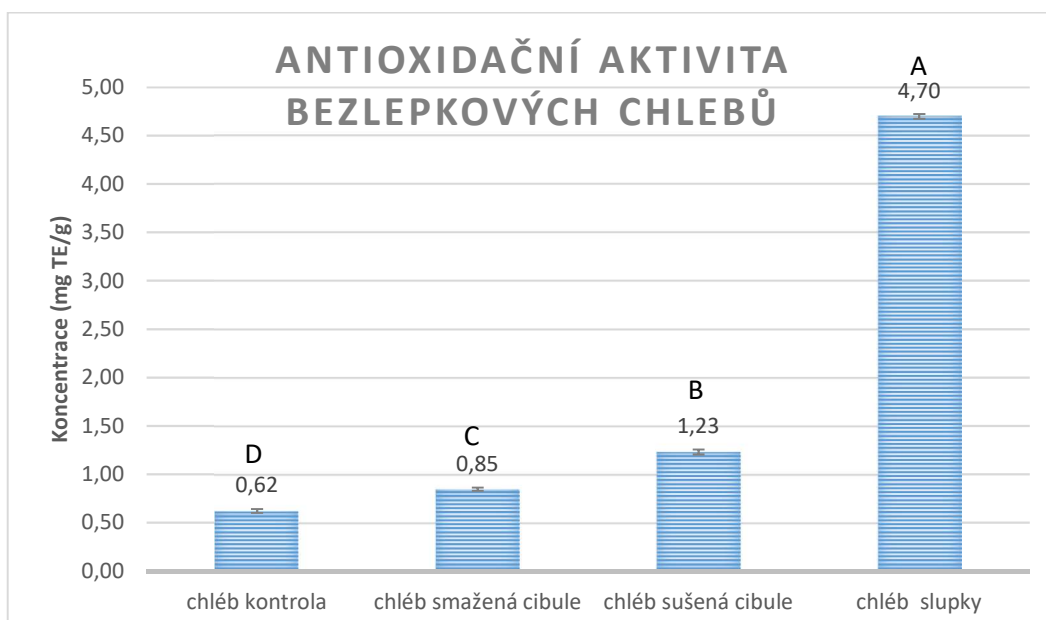
$$F = \frac{12}{33 \times 4 \times (4 + 1)} \times (87^2 + 80^2 + 91^2 + 72^2) - 3 \times 33 \times (4 + 1)$$

$$F = 3,8$$

Po vypočtení výsledné hodnoty $F = 3,8$ byla tato hodnota znovu porovnána s tabulkou č. 10, která obsahuje hraniční hodnoty při pravděpodobnosti $p = 95 \%$ pro čtyři vzorky 7,81. Protože hodnota F , která byla zjištěna, byla menší, než hraniční hodnota, znamená to, že v souboru **nejsou žádné podstatné rozdíly**. Díky tomuto zjištění nebylo potřeba provádět doplňkové výpočty.

5.3 Vyhodnocení antioxidační aktivity

Poté, co bylo provedeno hodnocení antioxidační aktivity metodou DPPH, graf číslo 12 ukazuje, že antioxidační aktivita v chlebu, který byl obohacen cibulovými slupkami, byla nesrovnatelně vyšší než u chlebů ostatních. Hodnota antioxidační aktivity dosahovala u tohoto vzorku 4,70 mg TE/g, zatímco u vzorku kontrolního – bez přidané obohacující složky dosahovala pouze 0,62 mg TE/g. Výsledky v tomto grafu jsou vyjádřeny jako Trolox ekvivalent (TE)/g lyofilizovaného materiálu.



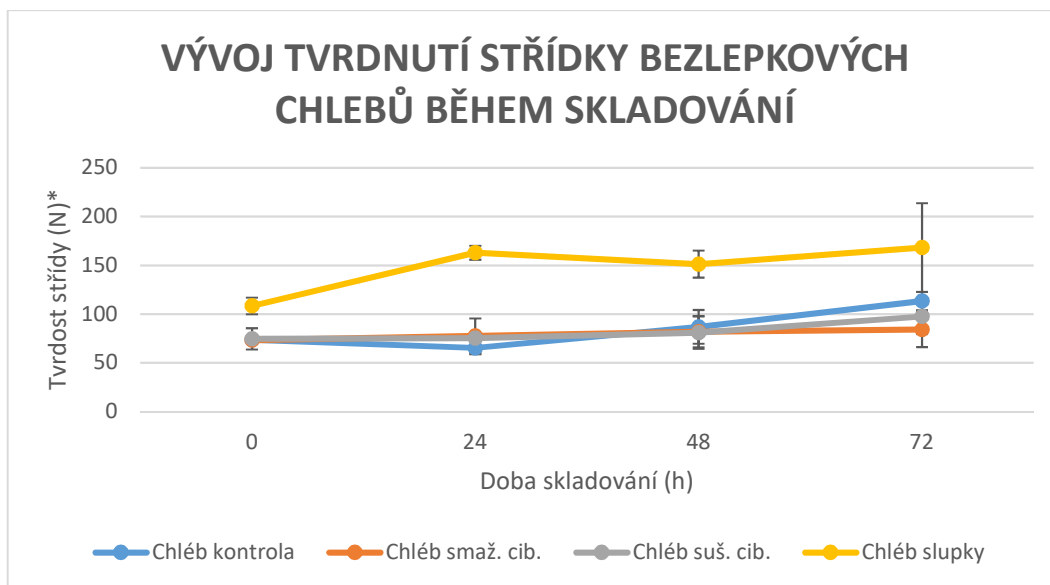
Graf 10 – antioxidační aktivita bezlepkových chlebů (zdroj: autorka)

Antioxidační aktivitu popisuje rovněž BENÍTEZ *et al.*, (2011), který také pozoroval nejvyšší antioxidační aktivitu v cibulových slupkách. Tyto odpadní části cibule dle SLIMESTAD *et al.* (2007) jsou nejbohatším zdrojem flavonolů. V cibulových odpadech se nachází významné množství fenolových sloučenin a flavonoidů, především kvercetin. To zajišťuje vysokou antioxidační aktivitu. Podle REN *et al.* (2017); KOSSEVA a WEBB (2013); BISENA a EMERALDA (2016); GALEONE *et al.* (2006) mají tyto látky významný vliv na lidské zdraví. NUUTILA *et al.* (2003) a LACHMAN *et al.* (2011) zkoumali antioxidační aktivitu v různých barevných variantách cibule. Všichni tři autoři zjistili vyšší antioxidační aktivitu v červené cibuli, oproti cibuli žluté, která měla pouze průměrnou antioxidační aktivitu a cibuli bílé, která vykazovala antioxidační aktivitu dokonce velice nízkou. Tento fakt potvrzuje vhodný výběr obohacující složky. Stejná fakta podporuje i výzkum dle PRAKASH *et al.* (2007), který analyzoval červenou, fialovou, bílou a zelenou cibuli. Výsledkem této analýzy byla opět převaha červené cibule, konkrétně jejích slupek, které vykazovaly celkovou antioxidační aktivitu pětikrát vyšší než vnitřní vrstvy stejné cibule. Dle PROKOPOVA *et al.* (2018), bylo provedeno hodnocení pečiva s přídavkem cibulového odpadu. Chléb, který byl obohacen o cibulový odpad, vykazoval prokazatelně vyšší obsah fenolů, flavonoidů a vysokou antioxidační aktivitu ve srovnání s kontrolním vzorkem. Tento výzkum potvrzují také GAWLIK-DZIKI *et al.* (2015) a TONYALI a SENSOY (2016), kteří provedli rovněž zkoumání vlastností chleba s přidanými jemně namletými cibulovými slupkami. Tento chléb vykazoval opět výrazně vyšší antioxidační aktivitu.

Všichni výše zmínění autoři se tedy shodují na nejvyšší antioxidační aktivitě v cibulových slupkách a potvrzují dílčí dosažené výsledky této diplomové práce.

5.4 Vyhodnocení analýzy stárnutí pečiva

Níže uvedený graf ukazuje, že chléb, který byl obohacen smaženou cibulí, byl méně tvrdý než ostatní bezlepkové vzorky. Byl na tom lépe i než vzorek kontrolní, bez přidaných obohacujících složek. Z toho lze usuzovat, že přidáním obohacující složky – konkrétně tedy smažené cibule, lze docílit pozitivního ovlivnění struktury a trvanlivosti bezlepkového pečiva.



Graf 11 – vývoj tvrdnutí střídky bezlepkových chlebů během skladování (zdroj: autorka)

Výzkumný ústav potravinářský v Praze potvrzuje ve své studii fakt, že bezlepkové výrobky díky svému složení rychleji vysychají a mívají drobivější strukturu (srov. VUPP.cz, 2004). Z tohoto důvodu je nutné obohacovat bezlepkové pečivo vhodnými složkami. V současné době není k dispozici dostatek studií, se kterými by tento pokus bylo možné srovnávat. PROKOPOV *et al.* (2018) uskutečnili obdobný výzkum pečiva vyrobeného z běžné mouky. Přidání odpadních složek cibule v tomto případě zapříčinilo zvýšení stupně tvrdosti, což se potvrdilo i v této diplomové práci. Chléb, který byl předmětem zkoumání v této diplomové práci a byl obohacen cibulovými slupkami, vykazoval po celou dobu zkoumání vyšší tvrdost. Tato velká tvrdost může být způsobena vysokým obsahem nerozpustné vlákniny v cibulových slupkách, která tvoří až 70 % sušiny (Benítez *et al.*, 2011).

Vzhledem k nepopiratelnému účinku cibulových slupek na lidské zdraví je však vhodné cibulové slupky do pečiva zařadit. Možným řešením velké tvrdosti bezlepkového pečiva s přidanými cibulovými slupkami by mohlo být snížení obsahu cibulových slupek v bezlepkovém pečivu pod 5 % nebo přidání také smažené cibule, která vlastnosti bezlepkového pečiva zlepšuje.

6 ZÁVĚR

Tato diplomová práce poskytla komplexní náhled na to, jak obohacující složky ovlivňují vlastnosti bezlepkového pečiva. Cílem bylo zajistit chléb z přirozeně bezlepkových surovin, který bude bohatší na antioxidanty a nebude podléhat tak rychlému stárnutí, jako je tomu u bezlepkových chlebů bez obohacujících složek.

Pro svůj pozitivní vliv na lidské zdraví a vysokou antioxidantní aktivitu byla k tomuto účelu vybrána jako zlepšující složka kuchyňská cibule (*Allium cepa* L.). Připraveny byly celkem čtyři druhy vzorků přirozeně bezlepkových chlebů. Tři vzorky obsahovaly cibulovou složku v množství 5 % a jeden vzorek byl vzorkem kontrolním. Všechny tyto vzorky byly následně podrobeny senzoričké analýze.

Z výsledků celkové pořadové preferenční zkoušky je patrné, že nejpreferovanější vzorek, byl vzorek obohacený o smaženou cibuli. Naopak jako méně preferovaný byl označen vzorek s přidavkem cibulových slupek. Vzhledem k nepopíratelnému pozitivnímu vlivu cibulových slupek na lidské zdraví je vhodné ponechat přidavek cibulových slupek. Pro zlepšení senzoričké vnímání je možné snížit hladinu této složky pod 5% podíl. Tento faktor by však byl předmětem dalšího výzkumu.

Vzhledem k tomu, že pořadí hodnocených chlebů dělily po provedení statistické analýzy dle Pokorného pouze desetiny, nebyl prokázán žádný statisticky významný rozdíl ve zkoumaném souboru. Nelze tedy říci, že přidání obohacující složky negativně nebo pozitivně ovlivňuje vnímání spotřebitelů bezlepkového pečiva. Co lze však s přesností říci, je významný vliv obohacujících cibulových složek na antioxidantní aktivitu v pečivu. Všechny přidané složky, totiž antioxidantní aktivitu výrazně zvýšily. K největšímu navýšení antioxidantní aktivity došlo u cibulových slupek. V tomto případě byla antioxidantní aktivita téměř osmkrát vyšší než v případě kontrolního vzorku. Vzhledem k tomu, že jej spotřebitelé nepovažují za statisticky významně horší, lze říci, že cibulové slupky jsou vhodným přidavkem do bezlepkového pečiva.

Posledním faktorem, který byl hodnocen v této diplomové práci, bylo stárnutí pečiva. I u tohoto procesu byl zjištěn pozitivní vliv obohacujících složek z cibule. Největší význam mělo přidání smažené cibule, což u pečiva zajistilo pomalejší stárnutí a tvrdnutí. Zjištěné výsledky ukazují na prokázanou vhodnost zařazení obohacujících složek do bezlepkového pečiva, zejména pak na obohacení cibulovými slupkami v kombinaci s upravenou dužninou cibule kuchyňské.

7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

BARTUŇKOVÁ, J.; PAULÍK, M. (2005). *Vyšetřovací metody v imunologii*. Grada. ISBN 80-247-0691-1.

BARTUŇKOVÁ, J., PAULÍK, M., HRUŠÁK, O., SMETANA, K., ŠEDIVÁ, A., ŠPÍŠEK, R., ŠPRONGL, L., VERNEROVÁ, E. (2011). *Vyšetřovací metody v imunologii*. 2., přeprac. a dopl. vyd. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3533-7.

BARTUŇKOVÁ, J., FUČÍKOVÁ T., SHOENFELD, Y. (2007). *Autoimunita: vnitřní nepřítel*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-2044-9.

BEDRNÍČEK, J. (2017). *Odpadní produkty cibule kuchyňské (Allium cepa L.): potenciální zdroj biologicky aktivních látek pro potravinářství* IN: BALÍK, J., BÁRTA, J., BÁRTOVÁ, V., BEDRNÍČEK, J., DADÁKOVÁ, E., DIVIŠ, J., HOUŠKA, M., CHMELOVÁ, Š., KADLEC, J., KASTNEROVÁ, M., KUKAČKA, V., LORENC, F., PEŠEK, M., SCHUSTER, J., SMETANA, P., ŠVAJNER, J., TRÍSKA, J. (2017). *Dietární antioxidanty v praxi*. Karlovy Vary: Polypress. ISBN 978-80-7394-681-4

CETKOVSKÁ, P., PIZINGER K., ŠTORK J. (2010). *Kožní změny u interních onemocnění*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-1004-4.

CLARK, N. (2014) *Sportovní výživa*. 3., dopl. vyd. Praha: Grada, ISBN 978-80-247-4655-5.

ČEPIČKA, J., BAREŠ M., BUBNÍK, Z. *et al.* (1995). *Obecná potravinářská technologie*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická. ISBN 80-708-0239-1.

CWIKOVÁ, O. (2014). *Chemické listy 108*, 205–210 Referát 205. Ústav technologie potravin, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno cwikova@node.mendelu.cz Došlo 12. 12. 12, přepracováno 10. 6. 13, přijato 17. 6. 13.

FERENČÍK, M. (2005). *Imunitní systém: informace pro každého*. Vyd. 1. české. Praha: Grada. ISBN 80-247-1196-6.

HARAGSIM, O. (2008). *Včelařské byliny*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-2157-6.

- INGR, I., POKORNÝ, J., VALENTOVÁ H. (2007). *Senzorická analýza potravin*. Vyd. 2., nezměn. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. ISBN 978-80-7375-032-9.
- JAROŠOVÁ, A., VALENTOVÁ H., PUDIL, F. (2001). *Senzorické hodnocení potravin: laboratorní cvičení*. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. ISBN 80-715-7539-9.
- JAROŠOVÁ, J. (1999). *Pěstování a využití amarantu*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, Metodiky pro zemědělskou praxi. ISBN 80-727-1042-7.
- KALACH, P. (2003). *Funkční potraviny: kroky ke zdraví*. 2., rozš. a aktualiz. vyd. České Budějovice: Dona. ISBN 80-7322-029-6.
- KASPER, H., BRUGHARDT, W. (2015). *Výživa v medicíně a dietetika*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4533-6.
- KLÍMA, J., KAŠÁK, F., MRÁZEK, J., PAJEREK J., SMRČKA, V., ŠKVOR J. (2016). *Pediatric pro nelékařské zdravotnické obory*. 1. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-9365-3.
- KOHOUT, P., PAVLÍČKOVÁ, J. (2006). *Celiakie a bezlepková dieta: dieta a rady lékaře*. 3. vyd. Praha: Maxdorf. Dieta (Maxdorf). ISBN 80-734-5070-4.
- KOHOUT, P., PAVLÍČKOVÁ, J. (2015). *Obiloviny v lidské výživě: dieta a rady lékaře*. 3. vyd. Praha: Potravinářská komora České republiky, Česká technologická platforma pro potraviny. ISBN 978-80-88019-07-7.
- KONVALINA, J. (2007). *Pěstování rostlin v ekologickém zemědělství*. V Českých Budějovicích: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta. Metodiky pro zemědělskou praxi. ISBN 978-80-7394-031-7.
- KOSSEVA, M. R., WEBB, C. (2013). *Food industry wastes: assessment and recuperation of commodities*. Waltham, MA: Elsevier/Academic Press. Food science and technology international series. ISBN 978-0-12-391921-2.
- KRONDLOVÁ-ŠKOPKOVÁ, M., ŠMRHA, O. (1952). *Tabulky výživných hodnot potravin*. 3. vyd. Praha: Průmyslové vydavatelství. Knižnice potravinářského průmyslu.

- KUCHYNKA, P., AUTRATA, R., BOGUSZAKOVÁ, J. *et al.* (2007) *Oční lékařství*. 1. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-1163-8.
- LUKÁŠ, K., HOCH, J. (2018). *Nemoci střev*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-0353-9.
- LUKÁŠ, K. (2005). *Gastroenterologie a hepatologie pro zdravotní sestry*. Praha: Grada. ISBN 80-247-1283-0.
- MACHOVÁ, J., KUBÁTOVÁ, D. (2015). *Výchova ke zdraví*. 2., aktualizované vydání. Praha: Grada. Pedagogika (Grada). ISBN 978-80-247-5351-5.
- MALEŘ, J. (1994). *Zpracování obilovin*. Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR. Ekonomika (Institut výchovy a vzdělávání ministerstva zemědělství ČR). ISBN 80-710-5073-3.
- MARTÍNKOVÁ, J., CHLÁDEK, J., MIČUDA, S., CHLÁDKOVÁ, J. (2007). *Farmakologie pro studenty zdravotnických oborů*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-1356-4.
- MOUDRÝ, J. (2011). *Alternativní plodiny*. Praha: Profi Press. ISBN 978-80-86726-40-3.
- MOUDRÝ, J. (2005) *Pohanka a proso*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací. ISBN 80-727-1162-8.
- MÜLLEROVÁ, D., AUJEZDSKÁ, A., DVOŘÁKOVÁ, J., KLEPAČ, J., LANGMAJEROVÁ, J., POKORNÝ, T., SEDLÁČEK, P., ZLOCH, Z. (2014) *Hygiena, preventivní lékařství a veřejné zdravotnictví*. Praha: Karolinum. ISBN 978-80-246-2510-2.
- NEUMANN, R., MOLNÁR, P., ARNOLD, S. (1990). *Senzorické skúmanie potravín*. Bratislava: Alfa. Edícia potravinárskej literatúry (Alfa). ISBN 80-05-00612-8.
- PANOVSKÁ, Z., POKORNÝ, J., PANOVSKÁ, Z., VALENTOVÁ, H. (1998). *Senzorická analýza potravín*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická. ISBN 80-708-0329-0.
- PAULOVÁ H., BOCHOŘÁKOVÁ H., TÁBORSKÁ E. (2004). *Metody stanovení antioxidační aktivity přírodních látek in VITRO*. Chemické listy 98. Brno.

- PEŠEK, M. *et al.*, (2017). *Dietární antioxidanty v praxi*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. ISBN 978-80-7394-681-4.
- PETR, J., HRADECKÁ, D. (1997). *Základy pěstování pohanky a prosa*. Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR. Rostlinná výroba (Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR). ISBN 80-710-5141-1.
- PETR, J., HÚSKA, J. (1997). *Speciální produkce rostlinná*. Praha: Česká zemědělská univerzita. ISBN 80-213-0152-X.
- POKORNÝ, J., VALENTOVÁ, H., PUDIL, F. (1997). *Sensorická analýza potravin: laboratorní cvičení*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická. ISBN 80-708-0278-2.
- POKORNÝ, J., PANOVSKÁ, Z., VALENTOVÁ, H. (1990). *Analýza potravin: laboratorní cvičení*. Praha: VŠCHT. ISBN 80-708-0047-X.
- POKORNÝ, J., PANOVSKÁ, Z., VALENTOVÁ, H. (1998). *Sensorická analýza potravin: laboratorní cvičení*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická. ISBN 80-708-0329-0.
- POKORNÝ, J. (1997). *Metody senzoričké analýzy potravin a stanovení senzoričké jakosti*. Vyd. 2. dopl. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací. ISBN 80-851-2060-7.
- POKORNÝ, J. (1993). *Metody senzoričké analýzy potravin a stanovení senzoričké jakosti*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací. ISBN 80-851-2034-8.
- PRUGAR, J. (2007). *Pěstování rostlin v ekologickém zemědělství*. V Českých Budějovicích: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta. Metodiky pro zemědělskou praxi. ISBN 978-80-86576-28-2.
- PŘÍHODA, J., HRUŠKOVÁ, M., SKŘIVAN, P. (2003). *Cereální chemie a technologie*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. ISBN 80-708-0530-7.
- SISSON, M. (2014). *Primal Blueprint: přeprogramujte své geny pro optimální váhu, dokonalé zdraví a neomezenou energii*. V Praze: Blue Vision. ISBN 978-80-87672-16-7.

- STREBLOVÁ, E. (2013). *Souhrnné texty z chemie: pro přípravu k přijímacím zkouškám (přírodovědné obory, lékařství)*. 3., upr. vyd. Praha: Karolinum. ISBN 978-80-246-2242-2.
- SZEMES, V., KAROVIČ, V. (1991) *Chlieb náš každodenný*. Bratislava: Alfa. ISBN 80-05-00970-4.
- ŠPALDON, E. *et al.*, (1954). *Rastlinná výroba: trojročné školenie družstevníkov : 1. ročník*. Bratislava: Štátne pôdohospodárske nakladateľstvo. Učebnice (Štátne pôdohospodárske nakladateľstvo).
- VELÍŠEK, J., HAJŠLOVÁ, J. (2009). *Chemie potravin*. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS. ISBN 978-80-86659-16-9.
- VELÍŠEK, J. (2002). *Chemie potravin*. Vyd. 2. upr. Tábor: OSSIS. ISBN 80-866-5900-3.
- VRÁNOVÁ, D. (2013). *Chronická onemocnění a doporučená výživová opatření*. 1. Olomouc: ANAG. ISBN 978-80-7263-788-1.
- ZADÁK, Z. (2008). *Výživa v intenzivní péči*. 2., rozš. a aktualiz. vyd. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-2844-5.
- ZIMOLKA, J., BELOUNOVÁ, M., CERKAL, R., *et al.*, (2008). *Kukuřice - hlavní a alternativní užitkové směry*. 1. Praha: Profi Press. ISBN 978-80-86726-31-1.
- Online zdroje:
- ARENTZ-HANSEN, H., FLECKENSTEIN, B., MOLBERG, Ø. *et al.*, (2004). The Molecular Basis for Oat Intolerance in Patients with Celiac Disease. *PLoS Medicine* [online]. [cit. 2019-03-30]. DOI: 10.1371/journal.pmed.0010001. ISSN 1549-1676. Dostupné z: <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pmed.0010001>
- BENÍTEZ, V., MOLLÁ, E., MARTÍN-CABREJAS, A. M., AGUILERA, Y., LÓPEZ-ANDRÉU, F. J., COOLS, K., TERRY, L., ESTEBAN, R. (2011). Characterization of Industrial Onion Wastes (*Allium cepa* L.): Dietary Fibre and Bioactive Compounds. *Plant Foods for Human Nutrition* [online]. 66(1), 48-57 [cit. 2019-03-29]. DOI: 10.1007/s11130-011-0212-x. ISSN 0921-9668. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s11130-011-0212-x>

- BENÍTEZ, V., MOLLÁ, E., MARTÍN-CABREJAS, A. M., AGUILERA, Y., LÓPEZ-ANDRÉU F. J., ESTEBAN, R. M. (2012). Onion (*Allium cepa* L.) by-products as source of dietary fiber: physicochemical properties and effect on serum lipid levels in high-fat fed rats. *European Food Research and Technology* [online]. 234(4), 617-625 [cit. 2019-04-10]. DOI: 10.1007/s00217-012-1674-2. ISSN 1438-2377. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00217-012-1674-2>
- BISEN, S., EMERALD, M. (2016). *Nutritional and Therapeutic Potential of Garlic and Onion (Allium sp.)* [online]. 12(3), 190-199 [cit. 2019-04-10]. DOI: 10.2174/1573401312666160608121954. ISSN 15734013.
- Celiakie [online]. In: 2015 [cit. 2017-04-26]. Dostupné z: <https://www.proalergiky.cz/alergie/clanek/rozdil-mezi-alergii-na-lepek-a-celiakii>
- DAY, L. (2013). Proteins from land plants – Potential resources for human nutrition and food security. *Trends in Food Science*. 32(1), 25-42. DOI: 10.1016/j.tifs.2013.05.005. ISSN 09242244.
- DIVIŠ, J., JŮZA, J., MOUDRÝ, J., VONDRYS, J., BÁRTA, J., ŠTĚRBA, Z. (2010). *Pěstování rostlin: (učební texty pro obor provozní podnikatel a pozemkové úpravy a převody nemovitosti)*. 2., dopl. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta. ISBN 978-80-7394-216-8.
- DOSTÁLOVÁ, J., BRÁT, J. (2016). *Společnost pro výživu: Řepka a řepkový olej* [online]. [cit. 2019-03-22]. Dostupné z: <http://www.vyzivaspol.cz/vyziva-a-potraviny-myty-a-realita/repka-a-repkovy-olej/>
- GALLAGHER, E. (2009). *Gluten-free food science and technology* [online]. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell [cit. 2019-02-20]. ISBN 978-1-4051-5915-9.
- GALEONE, C., PELUCCHI, C., LEVI, F., NEGRI, E., FRANCESCHI, S., TALAMINI, R., GIACOSA, A., LA VECCHIA, C. (2006). Onion and garlic use and human cancer. *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. 84(5), 1027-1032 [cit. 2019-04-10]. DOI: 10.1093/ajcn/84.5.1027. ISSN 0002-9165. Dostupné z: <https://academic.oup.com/ajcn/article/84/5/1027/4649181>
- GAWLIK-DZIKI, U., ŚWIECA, M., DZIKI, D., BARANIAK, B., TOMIŁO, J., CZYŻ, J. (2013). Quality and antioxidant properties of breads enriched with dry

- onion (*Allium cepa* L.) skin. *Food Chemistry* [online]. 138(2-3), 1621-1628 [cit. 2019-03-29]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.09.151. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814612017360>
- GAWLIK-DZIKI, U., KASZUBA, K., PIWOWARCZYK, K., ŚWIECA, M., DZIKI, M., CZYŻ, J. (2015). Onion skin — Raw material for the production of supplement that enhances the health-beneficial properties of wheat bread. *Food Research International* [online]. 73, 97-106 [cit. 2019-04-10]. DOI: 10.1016/j.foodres.2015.02.008. ISSN 09639969. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996915000691>
- GRIFFITHS, G., TRUEMAN, L., CROWTHER, T., THOMAS, B., SMITH, B. (2002). Onions? A global benefit to health. *Phytotherapy Research* [online]. 16(7), 603-615 [cit. 2019-04-03]. DOI: 10.1002/ptr.1222. ISSN 0951-418X. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/ptr.1222>
- HAMR, K. (2015). Chléb-jeho druhy a hlavní vady. *Státní zemědělská a potravinářská inspekce* [online]. Praha: Inspektorát SZPI, 15. 7. 2015 [cit. 2019-03-12]. Dostupné z: <http://www.szpi.gov.cz/clanek/chleb-jeho-druhy-a-hlavni-vady.aspx>
- HARTWIG, D., HARTWIG, M. (2014). *Jídlo na prvním místě: [vyzkoušejte Whole30 a změňte svůj život k nepoznání, aneb, Paleo mýtů zbavené]* [online]. Brno: Jan Melvil, [cit. 2019-03-10]. ISBN 978-80-87270-67-7.
- HERMUTH, J., JANOVSKÁ, D., PROHASKOVÁ, A. (2015). *Bér vlašský Setaria Italica (L.) Beauv.: vhodná plodina do měnícího se klimatu České republiky* [online]. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, [cit. 2019-03-30]. ISBN 978-80-7427-175-5.
- LACHMAN, J., PRONĚK, D., HEJTMÁNKOVÁ, A., DUDJAK, J., PIVEC, V., FAITOVÁ, K. (2011). Total polyphenol and main flavonoid antioxidants in different onion (*Allium cepa* L.) varieties. *Horticultural Science* [online]. 30(No. 4), 142-147 [cit. 2019-04-10]. DOI: 10.17221/3876-HORTSCI. ISSN 0862867X.
- LIEBERMAN, S., SEGALL, L. (2007). *The gluten connection: how gluten sensitivity may be sabotaging your health-- and what you can do to take control now* [online]. Emmaus, Penn.: Rodale, [cit. 2019-02-20]. ISBN 978-159-4863-875.

MOONEY, P. (2014). Coeliac Disease. *Thebmj* [online]. [cit. 2019-03-12]. Dostupné z: <https://www.bmj.com/content/348/bmj.g1561>

MORAIS, E.C., CRUZ, A. G., FARIA, J.A.F., BOLINI, H.M.A. (2014). Prebiotic gluten-free bread: Sensory profiling and drivers of liking. *LWT - Food Science and Technology* [online]. 55(1), 248-254 [cit. 2019-03-29]. DOI: 10.1016/j.lwt.2013.07.014. ISSN 00236438. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643813002648>

NAŘÍZENÍ KOMISE (ES) č. 41/2009 ze dne 20. ledna 2009 o složení a označování potravin vhodných pro osoby s nesnášenlivostí lepku. Brusel, 2009.

NOHEL, P., ROKYTA, R., HOLEČEK V., VLASÁK, R. (2011). Oxidační stres, jeho stanovení, nemoci jím způsobené a jeho snižování antioxidanty. *Vesmír.cz* [online]. [cit. 2019-03-12]. Dostupné z: <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2011/cislo-6/oxidacni-stres.html>

NUUTILA, A. M., PUUPPONEN-PIMIÄ, R., AARNI, M., OKSMAN-CALDENTEY, K. (2003). Comparison of antioxidant activities of onion and garlic extracts by inhibition of lipid peroxidation and radical scavenging activity. *Food Chemistry* [online]. 81(4), 485-493 [cit. 2019-03-29]. DOI: 10.1016/S0308-8146(02)00476-4. ISSN 03088146. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814602004764>

OZTURK, O., MERT, B. (2018). The effects of microfluidization on rheological and textural properties of gluten-free corn breads. *Food Research International* [online]. 105, 782-792 [cit. 2019-03-29]. DOI: 10.1016/j.foodres.2017.12.008. ISSN 09639969. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996917308621>

PACYŃSKI, M., WOJTASIAK, R., MILDNER-SZKUDLARZ, S. (2015). Improving the aroma of gluten-free bread. *LWT - Food Science and Technology* [online]. 63(1), 706-713 [cit. 2019-03-29]. DOI: 10.1016/j.lwt.2015.03.032. ISSN 00236438. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643815001851>

PAVELKOVÁ, K., KUBÍK, M. (2017). Označování potravin z hlediska obsahu lepku: Nové nařízení č. 828/2014 o požadavcích na poskytování informací o nepřítomnosti či sníženém obsahu lepku v potravinách spotřebitelům. *Státní*

- zemědělská a potravinářská inspekce* [online]. [cit. 2019-04-03]. Dostupné z: <http://www.szpi.gov.cz/clanek/oznacovani-potravin-z-hlediska-obsahu-lepku.aspx>
- PELOWSKI, T. (2014). *Celiac Disease: Diagnosis and Management* [online]. [cit. 2019-03-12]. Dostupné z: <https://www.aafp.org/afp/2014/0115/p99.pdf>
- PRAKASH, D., SINGH, B., UPADHYAY, G. (2007). Antioxidant and free radical scavenging activities of phenols from onion (*Allium cepa*). *Food Chemistry* [online]. 102(4), 1389-1393 [cit. 2019-03-29]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.06.063. ISSN 03088146. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814606006005>
- PROKOPOV, T., CHONOVA, V., SLAVOV, A., DESSEV, T., DIMITROV, N., PETKOVA, N. (2018). Effects on the quality and health-enhancing properties of industrial onion waste powder on bread. *Journal of Food Science and Technology* [online]. 55(12), 5091-5097 [cit. 2019-04-03]. DOI: 10.1007/s13197-018-3448-8. ISSN 0022-1155. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s13197-018-3448-8>
- ROSELL, M., SANTOS, E. (2010). Impact of fibers on physical characteristics of fresh and staled bake off bread. *Journal of Food Engineering* [online]. 98(2), 273-281 [cit. 2019-04-10]. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2010.01.008. ISSN 02608774. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877410000105>
- SAPONE, A., BAI, J., CIACCI, C. *et al.*, (2012). Spectrum of gluten-related disorders: consensus on new nomenclature and classification. *BMC Medicine*. 10(1). DOI: 10.1186/1741-7015-10-13. ISSN 1741-7015. Dostupné také z: <http://bmcmmedicine.biomedcentral.com/articles/10.1186/1741-7015-10-13>
- SEY, M., PARFITT J., GREGOR, J. (2011). Prospective Study of Clinical and Histological Safety of Pure and Uncontaminated Canadian Oats in the Management of Celiac Disease. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*. 35(4), 459-464. DOI: 10.1177/0148607110387800. ISSN 0148-6071. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1177/0148607110387800>
- SLIMESTAD, R., FOSSEN, T., VÅGEN, I. M. (2007). Onions: A Source of Unique Dietary Flavonoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online]. 55(25), 10067-10080 [cit. 2019-04-10]. DOI: 10.1021/jf0712503. ISSN 0021-8561. Dostupné z: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf0712503>

TONYALI, B., SENSOY, I. (2016). The effect of onion skin powder addition on extrudate properties. *III International Conference on Agricultural and Food Engineering* [online]. (1152), 393-398 [cit. 2019-04-10]. DOI: 10.17660/ActaHortic.2017.1152.53. ISSN 0567-7572. Dostupné z: https://www.actahort.org/books/1152/1152_53.htm

VAN STOKKOM, V. L., TEO, P. S., MARS, M., GRAAF, C., VAN KOOTEN, O., STIEGER, M. (2016). Taste intensities of ten vegetables commonly consumed in the Netherlands. *Food Research International* [online]. 87, 34-41 [cit. 2019-04-10]. DOI: 10.1016/j.foodres.2016.06.016. ISSN 09639969. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996916302514>

VRABLOVÁ, V. (2015): Mouky – víte, jaké druhy vůbec existují a co z nich připravit? Odpovědi uvnitř článku! [online]. [cit. 2018-01-28]. Dostupné z: <https://pruvodcevyzivou.cz/mouky-vite-jake-druhy-vubec-existuji-a-co-z-nichpripravit-odpovedi-uvnitř-clanku/>

VRÁNOVÁ, D. (2013). *Chronická onemocnění a doporučená výživová opatření* [online]. Olomouc: ANAG [cit. 2019-02-20]. ISBN 978-80-7263-788-1. *Výzkumný ústav potravinářský Praha: Ročenka 2004* [online]. 2005, 16 [cit. 2019-03-30]. Dostupné z: <https://www.vupp.cz/wp-content/uploads/2018/03/2004-rocenka.pdf>

Zdravé Zdraví: 13 nejlepších náhrad za klasickou mouku [online]. 2018 [cit. 2019-03-22]. Dostupné z: <https://zdravezdravi.cz/potraviny/bezlepkova-alternativni-mouka>

ZIELINSKI, J. (2017) *Ernährung im Zusammenhang mit Autoimmunkrankheiten*. 32(02), 67-70. DOI: 10.1055/s-0043-108138. ISSN 1439-1635. Dostupné také z: <http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-0043-108138>

ZIOBRO, R., KORUS, J., WITCZAK, M., JUSZCZAK, L., VAN KOOTEN, V., STIEGER, M. (2012) Influence of modified starches on properties of gluten-free dough and bread. Part II: Quality and staling of gluten-free bread. *Food Hydrocolloids*[online]. 29(1), 68-74 [cit. 2019-04-10]. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2012.02.009. ISSN 0268005X. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0268005X12000409>

8 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 – Složení hlavních proteinů obilovin (srov. GABROVSKÁ et al., 2015:26)	15
Tabulka 2 – Znaky a vlastnosti skupin obilnin (Diviš et al., 2010:20).....	18
Tabulka 3 – Hodnoty jakostních ukazatelů kukuřice ČSN 46 1200-6 (srov. ZIMOLKA et al., 2008:159).....	20
Tabulka 4 – bílkoviny prosa a béru zdroj: upraveno dle PETR et al., 2003	21
Tabulka 5 – srovnání výživové hodnoty rýže upraveno dle PRUGAR et al., 2008:160	26
Tabulka 6 – příklad hédonické stupnice upraveno dle POKORNÝ 1993:59	52
Tabulka 7 – podíl jakostních znaků upraveno dle www.szpi.gov.cz.....	56
Tabulka 8 – složení jednotlivých vzorků (zdroj: autorka)	59
Tabulka 9 – Příklad výsledků součtu pořadí při pořadové zkoušce (zdroj: autorka). 63	
Tabulka 10 – kritické hodnoty pro hladinu pravděpodobnost P = 95 % (upraveno dle POKORNÝ 1997:46).....	64
Tabulka 11 – příslušné součty pořadí (zdroj: autorka).....	73

9 SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 – Zobrazení hodnocení u parametru chuť (zdroj: autorka).....	66
Graf 2 – četnosti hodnoty skóre u parametru chuť (zdroj: autorka).....	67
Graf 3 – průměrné hodnocení parametru vzhled (zdroj: autorka).....	68
Graf 4 – četnosti hodnoty skóre parametru vzhled (zdroj: autorka)	69
Graf 5 – průměrné hodnocení parametru textura (zdroj: autorka)	70
Graf 6 – četnosti hodnoty skóre u parametru textura (zdroj: autorka).....	71
Graf 7 – průměrné hodnocení parametru celková přijatelnost (zdroj: autorka).....	71
Graf 8 – četnosti hodnoty skóre u parametru celková přijatelnost (zdroj: autorka)...	72
Graf 9 – vyhodnocení pořadové zkoušky všech hodnotitelů (zdroj: autorka)	73
Graf 10 – antioxidační aktivita bezlepkových chlebů (zdroj: autorka).....	74
Graf 11 – vývoj tvrdnutí střídky bezlepkových chlebů během skladování (zdroj: autorka)	76

10 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Rozdělení bílkovin obilnin (pšenice) upraveno dle Gabrovské.....	15
Obrázek 2 – Taxonomie obilovin – Kohout et al., 2015:7.....	16
Obrázek 3 – rozdělení onemocnění souvisejících s lepkem dle: Sapone et al.	41
Obrázek 4 – rozdělení antigenů (srov. FERENČÍK et al., 2004:139).....	45
Obrázek 5 – rozdělení alergenů dle FERENČÍK et al., 2004:148	46
Obrázek 6 – diagnostická kritéria pro NCGS (zdroj: https://www.celiak.cz/files/NCGSclanek.pdf)	47
Obrázek 7 – pekárna Eta Duplica Vita (zdroj: autorka).....	60
Obrázek 8 – senzorické hodnocení (zdroj: autorka)	61