

Extenzografické vlastnosti bezlepkových těst

Bc. Hana Slaměníková

Diplomová práce
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav technologie a mikrobiologie potravin
akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Hana SLAMĚNÍKOVÁ**
Osobní číslo: **T10422**
Studijní program: **N 2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**

Téma práce: **Extenzografické vlastnosti bezlepkových těst**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Suroviny používané na výrobu bezlepkového pečiva.
2. Složení bezlepkových mouk.
3. Reologické vlastnosti těsta.

II. Praktická část

1. Popište použitý materiál, připravte bezlepková těsta z mouky pohankové jemné, celozrnné a kukuřičné, změřte jejich extenzografické vlastnosti.
2. Připravte směsi mouky pohankové jemné, celozrnné a kukuřičné s vybranými hydrokoloidy v několika koncentracích a změřte jejich extenzografické vlastnosti.
3. Vyhodnoťte vliv poměru suroviny v bezlepkových směsích a vliv vybraných hydrokoloidů na extenzografické vlastnosti těst.
4. Výsledky diskutujte s literaturou a vyvodte závěry.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] SCIARINI, S.S., P.D. RIBOTTA, A.E. LEÓN a G.T. PÉREZ. Influence of Gluten-free flours and their Mixtures on Batter Properties and Bread Quality. Food and Bioprocess Technology. 2010, vol. 3, s. 577-585. ISSN 1935-5130.

[2] PŘÍHODA, J., P. SKŘIVAN a M. HRUŠKOVÁ. Cereální chemie a technologie. Praha: VŠCHT, 2003. ISBN 80-7080-530-7.

[3] LAZARIDOU, A., D. DUTA, M. PAPAGEORGIOU, N. BELC a C. G. BILIADERIS. Effects of hydrocolloids on dough rheology and breadquality parameters in gluten-free formulations. Journal of Food Engineering. 2007, vol. 79, s. 1033-1047. ISSN 0260-8774.

[4] ROSELL, C. M., J. A. ROJAS a C. BENEDITO DE BARBER. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. Food Hydrocolloids. 2001, vol. 15, s. 75-81. ISSN 0268-005X.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Petra Dvořáková
student Ph.D.

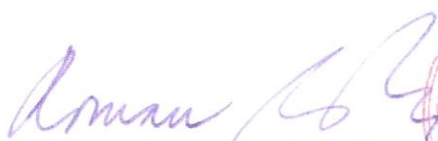
Datum zadání diplomové práce:

1. února 2012

Termín odevzdání diplomové práce:

2. května 2012

Ve Zlíně dne 10. února 2012



doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: SLAMĚNÍKOVÁ HANA

Obor: THEVP

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 2. 5. 2012

Slaměníková' Hana

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²¹ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

³¹ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odporuje-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užit či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na extenzografické vlastnosti bezlepkových těst. První část práce popisuje základní charakteristiku kukuřice a pohanky (botanická charakteristika, pěstování, mlýnské zpracování, využití a jejich zdravotní účinek). Dále je popsáno chemické složení kukuřičné a pohankové mouky. Poslední část teoretické části je zaměřena na reologii bezlepkových těst a obecnou charakteristiku použitých hydrokoloidů – xantanové gummy a alginátu sodného. Praktická část se soustřeďuje na měření extenzografických vlastností bezlepkových těst bez přídavku hydrokoloidů a jejich změnu po přídavku hydrokoloidů. Měření bylo provedeno na přístroji TA.XT Plus Textur Analyser a posledním krokem práce je zpracování výsledků a jejich vyhodnocení.

Klíčová slova: kukuřičná mouka, pohanková mouka, reologie, hydrokoloidy, xantanová guma, alginát sodný

ABSTRACT

The thesis is focused on the extensigraphic properties of gluten-free dough. The first part deals with the basic characteristics of corn and buckwheat (botanical characteristics, cultivation, milling process, utilization, and health effects). The following section describes the chemical composition of corn and buckwheat flour. The final stage of the theoretical part focuses on gluten-free dough rheology and general characteristic of hydrocolloids – xanthan gum and sodium alginate. The practical part is focused on measuring the extensigraphic properties of gluten-free dough without the addition of hydrocolloids and the changes of these properties after the addition of hydrocolloids. Measurements were performed using Texture Analyser TA.XT and the last step was to process and evaluate the results.

Keywords: maize flour, buckwheat flour, rheology, hydrocolloids, xanthan gum, sodium alginate.

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucí diplomové práce Ing. Petře Dvořákové za umožnění měření extenzografických vlastností, za odborné vedení a za připomínky, kterými mi pomáhala ke zpracování této práce.

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

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 KUKUŘICE	13
1.1 HISTORIE	13
1.2 BOTANICKÁ CHARAKTERISTIKA KUKUŘICE.....	13
1.3 ANATOMICKÉ SLOŽENÍ KUKUŘIČNÉHO ZRNA	15
1.4 PĚSTOVÁNÍ.....	16
1.5 MLÝNSKÁ TECHNOLOGIE.....	17
1.6 VYUŽITÍ A ZDRAVOTNÍ ÚČINEK KUKUŘICE.....	18
2 POHANKA	19
2.1 HISTORIE	19
2.2 BOTANICKÁ CHARAKTERISTIKA.....	20
2.3 PĚSTOVÁNÍ.....	21
2.4 TECHNOLOGICKÉ ZPRACOVÁNÍ.....	22
2.5 VYUŽITÍ A ZDRAVOTNÍ ÚČINEK POHANKY.....	23
3 CELIAKIE	24
3.1 HISTORIE	24
3.2 CHARAKTERISTIKA ONEMOCNĚNÍ CELIAKIE.....	24
3.2.1 Lepek.....	25
3.3 PŘÍZNAKY	26
3.4 LÉČBA CELIAKIE	27
4 SLOŽENÍ BEZLEPKOVÝCH MOUK	28
4.1 CHEMICKÉ SLOŽENÍ KUKUŘICE A KUKUŘIČNÉ MOUKY	28
4.1.1 Sacharidy	28
4.1.2 Bílkoviny.....	29

4.1.3	Tuky	29
4.1.4	Vitaminy.....	30
4.1.5	Minerální látky	30
4.2	CHEMICKÉ SLOŽENÍ POHANKY A POHANKOVÉ MOUKY.....	31
4.2.1	Sacharidy	31
4.2.2	Bílkoviny.....	32
4.2.3	Tuky	33
4.2.4	Minerální látky	33
4.2.5	Vitaminy.....	34
4.2.6	Fenolické látky	34
4.2.7	Antinutriční látky	36
5	REOLOGICKÉ VLASTNOSTI TĚSTA	37
5.1	PODSTATA TVORBY TĚSTA.....	37
5.2	FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ REOLOGII TĚSTA	38
5.2.1	Míchání	38
5.2.2	Tvarování	38
5.2.3	Kynutí.....	38
5.2.4	Pečení	39
6	HYDROKOLOIDY.....	40
6.1	ALGINÁTY	41
6.2	XANTANOVÁ GUMA.....	43
II	PRAKTICKÁ ČÁST	45
7	CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE	46
8	METODIKA PRÁCE.....	47
8.1	CHARAKTERISTIKA POUŽITÝCH SUROVIN.....	47
8.2	PŘÍPRAVA VZORKŮ	48
8.3	MĚŘENÍ NA PŘÍSTROJI TA.XT PLUS	49
8.3.1	Texturometr TA.XT Plus	49

8.4	STATISTICKÁ ANALÝZA	50
8.4.1	Jednofaktorová analýza variance.....	51
8.4.2	Dvoufaktorová analýza variance	51
9	VÝSLEDKY	52
9.1	EXTENZOGRAFICKÉ VLASTNOSTI VZORKŮ BEZ PŘÍDAVKU HYDROKOLOIDŮ	52
9.1.1	Směs kukuřičné a celozrnné pohankové mouky (ZFc)	53
9.1.2	Směs kukuřičné a jemně mleté pohankové mouky (ZF).....	56
9.2	EXTENZOGRAFICKÉ VLASTNOSTI VZORKŮ S PŘÍDAVKEM HYDROKOLOIDŮ.....	59
10	DISKUZE	65
	ZÁVĚR	69
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	70
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	78
	SEZNAM OBRÁZKŮ	79
	SEZNAM TABULEK.....	80
	SEZNAM PŘÍLOH.....	81

ÚVOD

Celiakie je chronické onemocnění způsobené nesnášenlivostí lepku. V současnosti je tato choroba nevléčitelná, ale při dodržování bezlepkové diety však vymizí všechny její příznaky. Jedinou možností léčby je tedy celoživotní dodržování bezlepkové diety, kdy se z jídelníčku musí vyloučit všechny potraviny s obsahem lepku (pšenice, žito, ječmen, oves). Důležité je dávat pozor na výrobky, u kterých byl lepek použit jako přísada při výrobě. Mezi bezlepkové potraviny se řadí kukuřice, pohanka, rýže, brambory, ovoce, zelenina aj. Dříve byly prodávány bezlepkové výrobky pouze ve speciálních obchodech, v dnešní době je však možné koupit tyto výrobky v běžných obchodních řetězcích. Bezlepkové pečivo se vyznačuje zhoršenou kvalitou oproti pšeničnému pečivu, což se v posledních letech řeší přidávkem hydrokoloidů, které mohou napodobovat viskoelastické vlastnosti lepku a vést ke zlepšení struktury a trvanlivosti těchto produktů. [1, 2]

Pohanka (*Fagopyrum esculentum* Moench) se řadí mezi pseudocereálie. V poslední době zájem o ni prudce vzrůstá. Z nutričního hlediska se pohanka vyznačuje vyváženou skladbou aminokyselin, vysokým obsahem nenasycených mastných kyselin, vlákniny a minerálních látek (draslík, fosfor, vápník aj.), dále obsahuje vitaminy skupiny B a vitamin E. Nejvíce je ceněna pro vysoký obsah rutinu, který působí léčivě na cévy v celém organismu. Vzhledem k tomu, že pohanka neobsahuje žádné prolaminy toxické pro osoby s celiakií, může být začleněna do bezlepkové diety. [3, 4]

Další bezlepkovou plodinou je kukuřice. Její využití v lidské výživě má velmi dlouhou historii a stala se jednou z nejprogresivnějších a zároveň nejproduktivnějších hospodářsky využívaných plodin. Botanický rod *Zea* je tvořen několika druhy, pro zemědělské využití je nejdůležitější *Zea mays*. Během staletí se ustálilo několik linií kukuřice, hodnocených jako konvariety. Kukuřice je plodina, která umožňuje široké uplatnění. Potravinářský průmysl je zaměřen na výrobu kukuřičné mouky, která je vhodná, stejně jako pohanka, pro bezlepkovou dietu. V kuchyni se používá jako zelenina, ve formě kukuřičných lupínek „corn flakes“, stejně jako expandovaná pufovaná zrna „popcorn“, které jsou známy po celém světě. Samostatnou kapitolou je využití kukuřice pro průmyslové zpracování při výrobě škrobu, lihu a škrobového sirupu. Také slouží jako krmivo pro dobytek a z kukuřičných klíčků se vyrábí kvalitní olej. [5]

Cílem práce bylo charakterizovat kukuřici a pohanku jako bezlepkové suroviny. Obě tyto suroviny jsou řazeny do bezlepkové diety, která je jedinou léčbou onemocnění celiakie. V praktické části bylo cílem zjistit extenzografické vlastnosti kukuřičné mouky, pohankové mouky jemně mleté a celozrnné bez přídavku hydrokoloidů a jejich změny po přídavku hydrokoloidů (xantanové gumy a alginátu sodného) do bezlepkových mouk.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 KUKUŘICE

Kukuřice se řadí mezi nejdůležitější plodiny světa. Pro svoji výživovou hodnotu a široké využití se rozšířila do celého světa a také její pěstování u nás je poměrně hojné. Kukuřičné zrno se využívá v potravinářství, pro krmení hospodářských zvířat a pro průmyslové zpracování (farmacie, papírenství, výroba barviv a pohonných hmot). Řadí se mezi obiloviny (cereálie), které jsou významnou složkou výživy obyvatelstva a tvoří základ jídelníčku. Kukuřičné zrno má ze všech obilovin nejvyšší energetickou hodnotu. [5, 6]

1.1 Historie

Využívání kukuřice lidmi má velmi dlouhou historii. Původní je v tropických a subtropických oblastech Jižní a Střední Ameriky, kde byla kultivována z planých rostlin americkými Indiány již před 5 000 lety. Předpokládá se, že kukuřice pochází z Mexika, odkud se rozšířila na sever do Kanady a směrem na jih do Argentiny. Na americkém kontinentu je kukuřice jako zrnina na prvním místě v pěstování. [5, 7]

Evropská historie pěstování kukuřice je krátká. Byla dovezena do Španělska Kolumbem z jeho první cesty v roce 1493. Naše národy údajně seznámili s kukuřicí Romové, kteří ji na jižní Slovensko a Moravu přinesli patrně z Turecka a Rumunska v 17. století. V době po druhé světové válce byly vyvinuty hybridní kukuřice s kratší vegetační dobou a některé i s vyššími výnosy. Tyto hybridy dozrávají na zrno i v našich podmínkách a výhodou také je, že se sklízí v období mezi sklizní obilí a brambor. [5, 8]

Kukuřice se nyní pěstuje po celém světě, avšak Amerika je stále největším producentem. Také výnosy jsou v USA dvojnásobné než v jiných zemích, což je ale hlavně zásluhou intenzivního zemědělského obdělávání, které si chudší státy nemohou dovolit. Přibližně v 70. letech 20. století řada zemí rozšířila produkci kukuřice částečně s využitím hybridů. Tím se např. do značné míry omezilo hladovění v Indii, Číně a Jihoafrické republice. [8]

1.2 Botanická charakteristika kukuřice

Kukuřice je jednoletá rostlina (Obr. 1) patřící do čeledi lipnicovitých (*Poaceae*), druh *Zea mays*. Existují však po celém světě nepřeborná množství odrůd. Ty se liší tvary zrna, obsahem škrobu (podílem amylosy a amylopektinu), bílkovin aj. [8, 9]

Jedná se o rostlinu dorůstající výšky 1,2–3 m dle odrůdy. Stéblo kukuřice je plné a je současně zásobním orgánem, je rozdělené kolénky (nody) na články (internodia). Listy jsou přisedlé, dvouřadě uspořádané, střídavé se souběžnou žilnatinou. Na rozdíl od jiných trav má kukuřice dvě oddělená květenství, a to samčí na konci stonku a samičí (palice neboli klas). Celý samičí klas je uzavřen v pochvách listenů. Klasy bývají až 20 cm dlouhé a jsou v nich umístěna kukuřičná zrna, která mohou být bílé, žluté nebo načervenalé barvy. [7]



Obrázek 1 *Zea mays* [9]

K pěstování kukuřice se používají následující odrůdy:

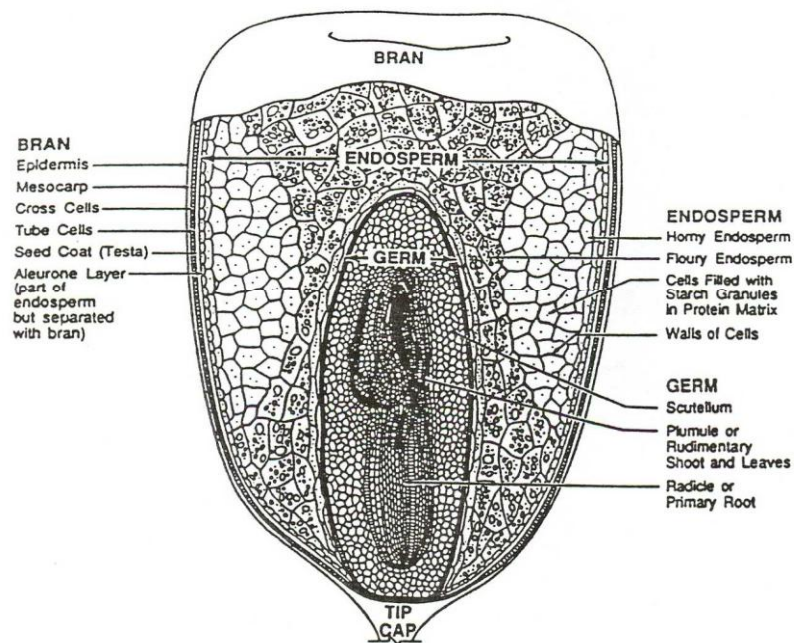
- Kukuřice obecná, tvrdá (*Zea mays* convar. *indurata, vulgaris*) – vyznačuje se tvrdým, lesklým zrnem a moučnatým endospermem. Má nižší výnosy.
- Kukuřice koňský zub (*Zea mays* convar. *indentata, dentiformis*) – má zrno klínovitého tvaru se sklovitými bočními okraji. Je pozdější, ale výnosnější.
- Kukuřice polozubovitá (*Zea mays* convar. *aorista, semiindentata*) – tvoří přechod mezi kukuřicí obecnou a koňským zubem. Zrno má sklovitější endosperm než koňský zub.
- Kukuřice pukancová (*Zea mays* convar. *evarta, microsperma*) – menší zrno, tvrdý a sklovitý endosperm. Používá se k přípravě popcornu a k výrobě vloček.
- Kukuřice cukrová (*Zea mays* convar. *saccharata*) – má charakteristicky svraštělé zrno se sklovitým endospermem. Obsahuje amyloextrin rozpustný ve vodě. Používá se jako zelenina na vaření a konzervování.

- Kukuřice škrobnatá (*Zea mays* convar. *amylacea*) – má moučnatý charakter s matným povrchem. Využívá se ve škrobárnách a lihovarnickém průmyslu.
- Kukuřice vosková (*Zea mays* convar. *ceratina*) – má zrno podobné kukuřici obecné, matný povrch zrna připomíná vosk. Pěstuje se pro technické účely. [5, 7]

1.3 Anatomické složení kukuřičného zrna

Kukuřičná zrna jsou mezi obilovinami největší, váží cca 250–300 mg. Zrno je tvořeno čtyřmi anatomickými částmi (Obr. 2):

1. Špička – zajišťuje připevnění zrna ke klasu.
2. Obaly – nejsvrchnější vrstvy pokožky mají za úkol chránit zrno před mechanickým poškozením a účinky škodlivých látek. Jsou tvořeny především celulosou. Další podpovrchové vrstvy nesou v buňkách barviva a určují tak vnější barevný vzhled zrna. Na obrázku označeno BRAN.
3. Klíček – před mlýnským zpracováním zrna je klíček odstraňován, jelikož podléhá oxidačním a enzymovým změnám a zhoršoval by senzoryckou kvalitu. Na obrázku označen GERM.
4. Endosperm – endosperm z velké části tvoří škrob jako zásobu glukosy pro proces klíčení. [10, 11]



Obrázek 2 Struktura kukuřičného zrna [10]

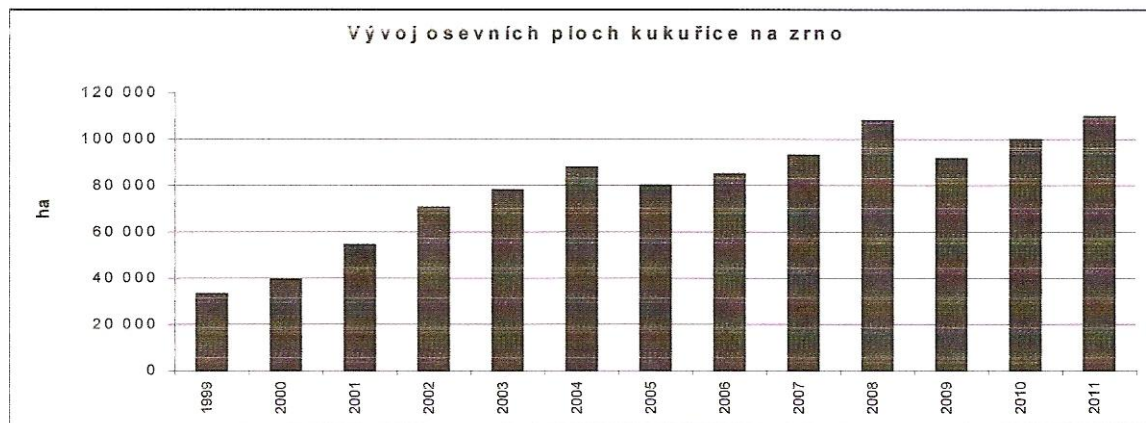
1.4 Pěstování

Kukuřice je teplomilná rostlina, optimální teplota pro růst je 20–24 °C. V období intenzivního růstu má vysoké požadavky na vláhu. Na nedostatek vody kukuřice reaguje snížením výnosu, ale také obsahem energetické hodnoty především v době kvetení a naplňování zrna. Vyžaduje půdy strukturní s neutrální reakcí, nevhodné jsou půdy těžké a chladné. V osevním postupu bývá obvykle řazena po obilovinách, které jsou pro ni poměrně dobrou předplodinou. K pěstování sama po sobě je velmi snášenlivá. Nedoporučuje se ale pěstování po sobě víc než 5 let, protože to může vést k zaplevelení. Kukuřice přijímá velké množství živin (N a P), proto je důležité hnojení, kde se běžně využívají organická hnojiva. [11]

Kukuřice na zrna je fyziologicky zralé ke sklizni, když obsah sušiny v zrna dosahuje hodnoty 60–62 %. Sklizeň se provádí sklízecími mlátičkami, na nichž se musí provést různé úpravy. Optimální vlhkost je do 30 %. Při vyšší vlhkosti se začíná zvyšovat procento ztrát a poškození zrna a snižuje se výkonnost mlátičky. Vlhkost zrna by neměla překročit 40 %. Zrna po sklizni se musí vysušit na standardní vlhkost (14 %). [12]

Největším producentem v současné době je USA, kde je kukuřice takřka národní plodinou. Podle údajů Food and Agriculture Organization (FAO) se výnos kukuřice v letech 1970 až 2003 zvýšil z 2,35 tha^{-1} na 4,47 tha^{-1} a celková produkce tak vzrostla z 266 mil. tun na 640 mil. tun. Výnosy kukuřice v rozvinutých zemích jsou výrazně vyšší díky používání hybridního osiva, zavlažovacích systémů, hnojení a ochrany před škůdci. [9]

V České republice dochází k postupnému zvyšování plochy oseté kukuřicí. Český statistický úřad (ČSÚ) ve sklizňovém roce 2011 zaznamenal výrazný nárůst ve výši sklizně a to o 28,6 % na hodnotu 890,5 tis. tun ve srovnání s rokem 2010. V dlouhodobém měřítku se tato sklizeň stala nejvyšší sklizní kukuřice v ČR od roku 1990. Příčiny zvýšení jsou v důsledku nárůstu produkčních ploch (Graf 1). [13]



Graf 1 Vývoj osevních ploch kukuřice na zrno [13]

1.5 Mlýnská technologie

Prvním krokem je předčištění zrn, čímž se snižuje obsah hrubých nečistot a příměsí. Čištění se provádí pomocí čisticích strojů (magnetický separátor, suchý odkaménkovač). [8]

Dalším krokem je hydrotermická příprava zrna, ve kterém dochází ke dvoustupňovému nakrápění a odležení zrna před mletím. Zvlhčením zrna se zvýší vlhkost a lépe se oddělují obalové vrstvy. Množství přidané vody se liší podle způsobu odklíkování kukuřice. Při suchém způsobu se zrno vlhčí na 15 %, při mokřím způsobu se zvedá vlhkost na 16–18 %. Účelem odležení zrna je vyrovnání vlhkosti jednotlivých zrn. Doba odležení závisí na druhu, sklovitosti a teplotě zrn. Poté se odstraní klíček, který se ze zrna kukuřice uvolňuje několika způsoby. Nejrozšířenější je dezintegrace kukuřičného zrna nárazem za sucha, při němž se kukuřičné jádro poměrně dokonale oddělí od klíčku. Druhým způsobem dezintegrace kukuřice, jimž se kromě uvolnění klíčku zachovávají velké zlomky kukuřičného endospermu je princip Beallův. K tomuto způsobu se používají odkličovací stroje s kónickým rotorem. Třetí způsob je drcení kukuřice na speciálně rýhovaných válcových stolicích. Mlecí proces se skládá ze dvou operací – dezintegrace (drcení) meliva a třídění produktu. Aby došlo k co nejúčinnějšímu oddělení endospermu od obalových vrstev a k vytěžení jeho částí v několika požadovaných frakcích o patřičné granulaci, zařazují se mlecí chody v mlýnském procesu několikrát. Jeden mlecí chod se sestává z jedné drticí operace a následného třídění. Jednotlivé mlecí chody se od sebe liší parametry drcení a třídění. Mlecí válce jsou hladké nebo rýhované a jejich povrch se musí neustále čistit. Volí se malý počet rýh s velkou hloubkou. Pro třídění směsi po drcení

se používají rovinné vysévače – soustava vodorovně uložených sít ve vysévacích rámech, zasunutých do skříně vysévače. Mletím kukuřice získáme kukuřičné zlomky (výroba corn-flakes), kukuřičnou krupici, kukuřičnou mouku a kukuřičné klíčky, ze kterých se vyrábí kvalitní olej. [14]

1.6 Využití a zdravotní účinek kukuřice

V rozvinutých zemích se kukuřice pěstuje převážně jako krmivo pro dobytek, ať už ve formě zrna či siláže. Potravinářské zpracování kukuřičného zrna zahrnuje několik různých způsobů využití. Prvním z nich je zpracování na mouku, krupici, celozrnné a další kukuřičné produkty. Kukuřice je významná také tím, že neobsahuje lepek, proto je vhodná pro všechny, kteří dodržují bezlepkovou dietu. Trendem je kukuřičná mouka s nízkým obsahem tuku nebo celozrnné kukuřičné produkty se zvýšeným obsahem fytochemikálií a antioxidantů. Kukuřice se konzumuje i jako zelenina, kde se používají klasy kukuřice cukrové, sklizené v době, kdy jsou zrna v mléčné zralosti. Uplatnění nachází i při výrobě nealkoholických nápojů, kdy se využívá škrobového sirupu „corn sirup“, který je hlavním sladidlem v americkém nápojovém průmyslu. Z kukuřičných klíčků se vyrábí olej velmi cenný v lidské výživě a pokrutiny (zbytky semen rostlin po vylisování oleje) jsou vhodným krmivem pro hospodářská zvířata. Kromě zrna se průmyslově zpracovává kukuřičná sláma, ze které se vyrábí celulóza a papír. Ve škrobárenském průmyslu se kukuřice zpracovává především pro výrobu škrobu a lihu. Obecně je pro výrobu škrobu žádoucí větší podíl moučnatého endospermu v zrně. Moderní uplatnění kukuřice je při výrobě bioplynu a bioethanolu. [5, 6, 7, 15]

Konzumací kukuřice v jakékoliv formě se posiluje obranyschopnost lidského organismu, zlepšuje výkonnost mozku, příznivě ovlivňuje kůži a vlasy. Její léčebný účinek se vysvětluje hlavně vysokým obsahem selenu a vlákniny. Kukuřičná vláknina podporuje trávení a snižuje hladinu cholesterolu. Nejvíce se uplatňuje v prevenci nádorových onemocnění. Z chemického hlediska jsou nejvíce v kukuřičných zrnech zastoupeny sacharidy, (zejména škrob) a bílkoviny. Kukuřičné klíčky jsou cenným zdrojem mastných kyselin, kde převládá kyselina linolová. Z vitaminů je nejvíce zastoupen vitamin B₁ (thiamin). [16]

2 POHANKA

V posledních letech dochází celosvětově ke zvýšené poptávce a spotřebě pohanky. Pěstování pohanky je motivováno zdravotními, dietetickými účinky a celkově zvýšeným zájmem obyvatelstva o racionální výživu. Racionální výživa odpovídá potřebám organismu po stránce výživové a obsahuje optimální množství a poměr hlavních živin. Racionální strava je vhodnou prevencí proti nejrůznějším chorobám, např. vysokému krevnímu tlaku nebo diabetes mellitus. [5]

Pohanku řadíme mezi pseudocereálie, které nahrazují, rozšiřují a doplňují sortiment běžných obilovin. U pseudocereálií lze všeobecně konstatovat vyšší hodnoty standardních parametrů kvality (esenciální aminokyseliny, vlákniny, nenasycené mastné kyseliny, vitaminy a minerální látky), vyšší nutriční hodnotu a obsah některých specifických, zdravotně významných látek (např. rutin, antioxidanty – katechin, epikatechin aj.). Výrobky z nich (pohankové müsli s amarantem, amarantové těstoviny, pohankové pukance, pohankový čaj aj.) rozšiřují spektrum, uplatňují se ve sféře tzv. racionální výživy, ve zdravotních dietách a mohou se uplatnit i v přírodní farmacii či kosmetice. [18, 19]

Pseudocereálie dosahují nižších výnosů, a proto nejsou příliš rozšířeny, avšak jejich pěstování vyvolalo v posledních letech velký zájem. Tyto plodiny jsou dobrým zdrojem energie, vlákniny, nenasycených mastných kyselin – především kyselina olejová a linolová, vitamínu B a E, flavonoidů a dále jsou v nich obsaženy velmi kvalitní bílkoviny. [17, 18]

Do skupiny pseudocereálií patří kromě pohanky také například merlík chilský (*Quinoa ssp.*) a laskavec (*Amaranthus ssp.*). [17]

2.1 Historie

Pohanka setá (*Fagopyrum esculentum* Moench.) patří k nejmladším plodinám v Evropě. Dostala se sem až ve středověku z původní oblasti Číny přes Rusko se slovanskými národy a s nájedzy Tatarů. Odtud také název pohanka nebo též tatarka. Archeologické nálezy bývalého Československa datují počátek cíleného pěstování pohanky do období 12. a 13. století. Nejvíce populární byla hlavně v podhorských oblastech. Její pěstování začalo upadat v 18. století v souvislosti se změnou stravovacích zvyklostí. [5]

2.2 Botanická charakteristika

Pohanka obecná (*Fagopyrum esculentum* Moench) je jednoletá, dvouděložná a cizosprašná plodina z čeledi rdesnovitých (*Polygonaceae*), (Obr. 3). [19]



Obrázek 3 Pohanka setá

(*Fagopyrum esculentum*) [20]

Kořenový systém se skládá z málo větveného kořene, pronikajícího jen mělce do půdy, který prorůstá do hloubky 80–100 cm. Lodyha pohanky je přímá, podélně rýhovaná, zelené až červené barvy. Rostliny obvykle dosahují výšky 60–130 cm. Listy jsou v dolní části rostliny řapíkaté, široce srdčité, v horní části téměř přisedlé, dlouze zašpičatělé. Na stonku jsou postaveny střídavě. Květenství pohanky tvoří 7–9 kvítků, které vytváří hrozny. Květy pohanky jsou drobné, bílé či narůžovělé až červené. Plodem je hladká trojboká nažka (Obr. 4) s celokrajnými hranami zbarvenými dohněda, některé odrůdy však mohou mít plody stříbřitě šedé. První nažky dozrávají 25–30 dní od začátku kvetení. Oplodí, které obaluje semena, se odstraňuje při loupání. [19, 21, 22]



Obrázek 4 Plody pohanky – nažky [20]

2.3 Pěstování

Pohanka je poměrně náročná na teplotu při klíčení (minimum 7–8 °C), optimální teplota pro vegetující rostlinu je okolo 20 °C. Při vyšších teplotách – nad 30 °C a nízké vzdušné vlhkosti v období kvetení dochází ke špatnému opylování a zasychání semeníků. Pohanka je citlivá na nedostatek srážek po celé vegetační období. Z hlediska nároků na světlo patří k rostlinám krátkého dne. U rostlin krátkého dne je důležitá délka noci (tmy), která ovlivňuje kvetení rostliny. Vhodné jsou pozemky s jižní svahovou orientací. Požadavky na půdu souvisejí s vláhou, a vysokých výnosů lze dosáhnout na přiměřeně úrodných, ne příliš kyselých půdách. Nejlépe roste na lehkých písčitých půdách s lehce dosažitelnými živinami. Nesvědčí jí vazké jílovité, břidlicovité půdy. Vegetační doba je krátká, jen 80–120 dnů. Vzhledem k tomu, že roste a dozrává rychle, se tato plodina vyskytuje v chladnějších oblastech, jako jsou severní Evropa a severní Asie. Největším producentem pohanky je Rusko, následuje Polsko, Japonsko, Kanada, Francie a USA (Severní a Jižní Dakota). [11, 18, 23]

Po sklizni je zrno třeba co nejrychleji zbavit zelených částí rostlin a dosušet v závislosti na vlhkosti. Dosoušení rozprostřeného zrna je možné na rostech se síty a je doporučováno studeným vzduchem. Optimální skladovací vlhkost je do 14–15 %. [11, 22]

Zájem o pohanku v ČR se zvyšuje zejména v posledních deseti letech. V současné době se pěstuje v konvenčním i ekologickém zemědělství a ČR je jedním z nejvýznamnějších producentů „bio“ pohanky v Evropě. Celková plocha pohanky (konvenční i ekologické) v ČR se tedy odhaduje na cca 3000 ha. Kromě pohanky seté (*Fagopyrum esculentum* Moench.) se v omezené míře pěstuje pohanka tatarská (*Fagopyrum tataricum*),

zvaná tatarka. V porovnání je pohanka tatarská robustnějšího vzrůstu – až 150 cm a nažky nemají typický trojboký tvar. Způsob pěstování je podobný, avšak pohanka tatarská je odolnější vůči chladu a suchu, je schopna lépe využívat minerální látky z půdy. Tato odolnost je dána vyšším obsahem flavonoidních látek (rutinu). V chemickém složení obsahuje pohanka tatarská vyšší obsah rutinu i vitaminů skupiny B. Nevýhodou tatarky je vysoký obsah taninu, který způsobuje hořkou pachut'. [22, 24]

2.4 Technologické zpracování

Pohankové nažky musí být nejprve důkladně vyčištěny a zbaveny všech minerálních a organických příměsí. V současné době se při loupání pohanky používá dvou technologických postupů – mechanického a termického. [23]

Mechanické loupání je založeno na opakovaném obrušování obalových vrstev nažky mezi mlýnskými kameny, nebo rotujícími kotouči s drsným povrchem. Pro dobrou výtěžnost je třeba zpracovávat pohanku tříděnou podle velikosti nažek (kalibrovanou). Technologický proces mechanického loupání pohankových nažek je energeticky méně náročný a zachovává původní chuťové vlastnosti pohanky včetně vysoké dietetické hodnoty. [23]

Při termickém loupání se nažky napařují horkou párou a následně se prudce usuší. Přitom praskne oplodí a kroupa se pak snadno mechanicky oddělí od oplodí. Kroupami se rozumí loupané nažky zbavené obalových vrstev. Výhodou tohoto způsobu zpracování je větší výtěžnost krup, nevýhodou energetická náročnost a některé chuťové změny, protože vysoké teploty při sušení ničí vitaminy, obsažené v pohankovém semenu. [23]

Kromě těchto technologií zpracování pohanky existují ještě další, které jsou jejich kombinací. Základním výrobkem při zpracování pohanky jsou celá semena, obchodně označovaná jako pohankové kroupy celé, případně pohankové kroupy lámané (tzv. lámanka, což jsou drcená zrna pohanky vhodná k mletí na mouku a další zpracování). Mezi samostatné výrobky patří dále pohanková krupice a pohanková mouka jemná a celozrnná. Celozrnná mouka se vyrábí smícháním jemně mleté mouky a rozemletými vnějšími obalovými vrstvami. Kromě mlynářských výrobků určených pro potravinářské účely vznikají při vyloupávání pohanky i odpady, které lze použít ke krmení, tzv. plevy. [25]

2.5 Využití a zdravotní účinek pohanky

Pohanku lze pěstovat na zrna jako potravinu, pícninu, meziplodinu na zelené hnojení nebo jako léčivou plodinu. Z hlediska nutriční kvality je pohanka považována za jednu z nejhodnotnějších plodin. Je zdrojem kvalitních bílkovin s vysokým obsahem esenciálního lysinu, vyniká vysokým obsahem vitaminů, zejména skupiny B (thiamin, riboflavin, pyridoxin, kyselina pantotenová, naicin), vitaminu C a E, minerálních prvků zejména hořčíku, draslíku a fosforu. Nejvíce je ale ceněna jako nejlepší přírodní zdroj bioflavonoidu rutinu, který snižuje riziko kardiovaskulárního onemocnění a aterosklerózy. Cévám vrací pružnost a spolu s přítomným vitaminem E léčí na cévách chorobné změny. Zmírňuje potíže s křečovými žilami. [5, 22]

V současnosti je pohanka skutečným hitem zdravé výživy. Je vhodná pro diabetiky, pacienty trpící celiakií a doporučuje se jako dieta při onemocnění zažívacího ústrojí. Můžeme se setkat i s dalšími produkty jako je pohankový med, ten obsahuje největší množství fenolických antioxidantů, které působí pozitivně na lidské zdraví, dále zde byly identifikovány významné antioxidanty např. katechin, epikatechin, myricetin, kvercetin a jeho deriváty kvercetin-3-D-galaktosid, kvercetin-3- β -D-glukosid a kyselina chlorogenová. [5, 22]

Látky extrahované z pohanky slouží k léčbě řady chorob. Známý je léčebný účinek pohanky při praskání žilek v oku, obličejí, při zvýšené krvácivosti, žaludečních a dvanáctíkových vředech, střevních nádorech či při silné a déle trvající menstruaci, diabetu a také i k léčbě omrzlin a nemoci z ozáření. Pohanka je rovněž velmi vhodná k detoxikaci organismu. Příjem pohanky působí příznivě na vysoký krevní tlak a zvýšenou hladinu cholesterolu. [26, 27]

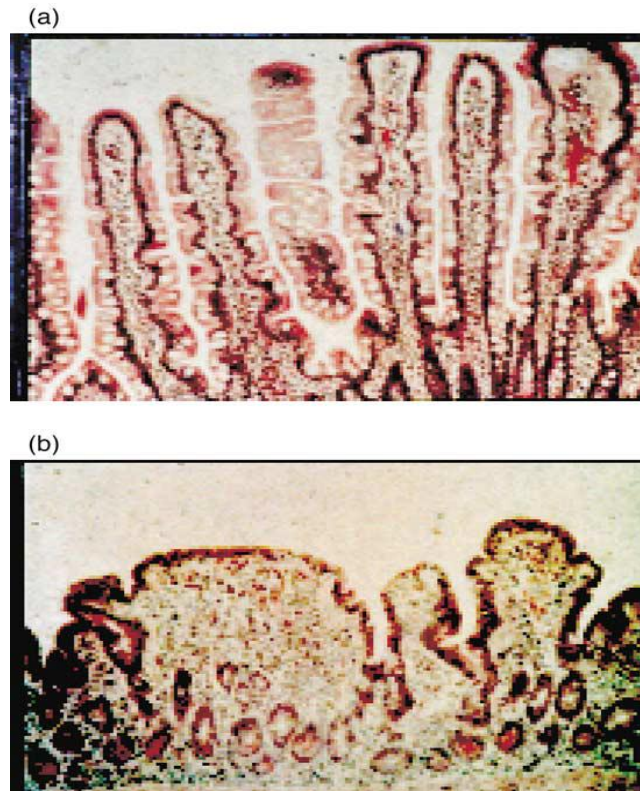
3 CELIAKIE

3.1 Historie

Celiakii poprvé popsal antický lékař Galén v druhé polovině 2. století n. l. Galén nazýval celiaky výrazem „koiliakos“, který dříve znamenal „trpící na střeva“. Po latinské modifikaci se písmeno „k“ změnilo na „c“ a „oi“ na „oe“. Po odtrhnutí řecké koncovky vzniklo slovo „coeliac“, což je anglický název pro celiaka. Další popis celiakie vytvořil v 19. století lékař Samuel Gee a na počátku 20. století se o rostoucí porozumění celiakii zasloužili dětské lékaři, protože děti reagovaly rychleji na úspěšnou dietní léčbu než pacienti v dospělém věku. Roku 1918 pediatr Sir Frederick Still poprvé poukázal na specifické škodlivé účinky chleba pro celiaky. Po skončení 2. světové války nastal převratný objev. Profesor Dick ukázal a detailně popsal, jak dětským celiakům dramaticky prospěje, pokud je pšeničná, žitná a ovesná mouka odstraněna z jídelníčku. Díky těmto poznatkům a objevům je od roku 1950 základem léčby celiakie bezlepková dieta. [28]

3.2 Charakteristika onemocnění celiakie

Celiakie neboli celiakální sprue, glutenová enteropatie, je chronické autoimunitní onemocnění, charakterizované trvalou nesnášenlivostí lepku (glutenu) a typickými zánětlivými změnami sliznice tenkého střeva (Obr. 5). V tenkém střevě dochází k destrukci střevních klků, změny vedou k porušenému vstřebávání všech živin, minerálních látek, vitaminů a vody. Celiakie může propuknout v každém věku a projevuje se rozdílně u dětí a dospělých. [29, 30]



Obr. 5 a) Vzhled zdravé sliznice tenkého střeva

b) Sliznice při neléčené celiakii. [33]

3.2.1 Lepek

Lepek neboli gluten je bílkovina, která se nachází v pšenici (gliadin), žitě (secalin), ječmeni (hordein) a ovsí (avenin). Toxicita výše uvedených bílkovin je rozdílná, přičemž nejvyšší toxicitu má gliadin, pak secalin, hordein a avenin a je závislá na složení aminokyselin v základní struktuře bílkoviny, které ovlivňují technologické procesy. U celiakie není toxické pouze zrno, ale i výrobky z obilovin a další potravinářské výrobky, které mohou obsahovat ve svém složení stopová množství těchto obilovin. Lepek je ve vodě nerozpustný, světle žlutý až šedivý a ve vodě pouze bobtná.

Za klíčovou složku lepku jsou označeny proteiny dvou frakcí – prolaminy (gliadin) a gluteliny (glutenin). Lepek je příčinou jedinečných vlastností pšeničného těsta, jeho tažnosti a pružnosti. Těsto žitné, jehož kostrou není bílkovinný gel, ale je tvořeno převážně na bázi polysacharidů, tyto vlastnosti nemá. Pšeničný lepek je pružný gel. Vyrábí se jako odpadní produkt při výrobě škrobu, bývá však někdy i hlavním produktem speciálních škrobáren. Lze jej z těsta jednoduše izolovat vypíráním proudem vody, přičemž

se postupně vyplavují látky rozpustné ve vodě a škrob a po určité době zůstává tzv. „mokrý lepek“. Ten lze poté zbavit přebytečné vody vymačkáním nebo odstředěním. Je tedy třeba si uvědomit, že v nativním zrně ani v mouce ještě lepek neexistuje a vytváří se až po propojení prostorové sítě pšeničné bílkoviny. Vypraný lepek sestává průměrně z 90 % proteinů, 8 % lipidů a 2 % sacharidů v sušině. [8, 30, 31]

3.3 Příznaky

Při konzumaci lepku, vzniká zánět sliznice tenkého střeva a dochází k rozsáhlému porušení epitelových buněk střeva. Živiny zůstávají nestrávené ve střevě a jsou těžko vstřebávány. Celiakie se neprojevuje pouze jediným typickým příznakem, lze je rozdělit na abdominální (břišní) a extraabdominální (mimobřišní). Příznaky jsou jiné v dětství a jiné v dospělosti. Neléčená celiakie zvyšuje nebezpečí onemocnění tzv. non-Hodgkinským lymfomem (rakovina lymfatických žláz) a také rakovinou střeva. [32]

Abdominální příznaky:

- nadýmání,
- kručení v břiše,
- bolest břicha,
- průjemy,
- zvracení aj. [29, 32]

Extraabdominální příznaky:

- podvýživa – snížená hladina bílkovin,
- váhový úbytek – porucha růstu, nepřibývání na váze,
- anémie (chudokrevnost) – způsobena nedostatkem Fe, kyseliny listové, vitamínu B₁₂,
- osteoporóza (řidnutí kostí) – častější výskyt zlomenin způsobený malabsorpcí vitamínu D a vápníku,
- hypovitaminóza vitamínu A a B,
- poruchy srážlivosti krve – malabsorpce vitamínu K,
- porucha imunitního systému – zvýšená náchylnost k infekcím,
- žlučové kameny s obsahem cholesterolu a neplodnost. [29, 32]

3.4 Léčba celiakie

Jedinou dostupnou léčbou celiakie je striktní dodržování bezlepkové diety, tedy úplné vyloučení lepku ze stravy – potraviny připravené z pšenice, ječmene, žita a ovsa. Je třeba dávat pozor na přísady do potravin, které mohou obsahovat lepek a v rámci technologického procesu se přidávají do potravin. Jedná se především o mouku, chléb, housky, bagety nebo žemle, knedlíky, pizza, těstoviny, kroupy, krupky, ovesné, žitné, ječné a pšeničné vločky, müsli. Zakázány jsou sušenky, oplatky, čokolády s náplní. Moukou je doplňováno i velké množství uzenin, konzerv aj. [32]

Základem bezlepkové diety je rýže, brambory, kukuřice, pohanka, čirok, ovoce, zelenina, maso, mléko a vejce. K tomu, aby potravina byla pokládána za bezlepkovou, musí obsahovat max. 10 mg gliadinu/100 g výrobku. Do našich obchodních sítí jsou dodávány potraviny pro bezlepkovou dietu a jsou označeny mezinárodním symbolem přeškrtnutého klasu (Obr. 6). Existují ovšem směsi na přípravu bezlepkového pečiva, různé druhy rýžových, bramborových, sójových, kukuřičných, pohankových mouk nebo také mouky směsné. Minerální látky a živiny, které pacienti nestačí vstřebat z potravy, je třeba dodávat ve formě potravinových doplňků. [32, 34, 35]



Obrázek 6 Mezinárodní symbol označování bezlepkových potravin [36]

4 SLOŽENÍ BEZLEPKOVÝCH MOUK

Bezlepková těsta se vyznačují tím, že ve svém složení neobsahují lepek a jsou vhodné pro použití v bezlepkové dietě. Bezlepková dieta je vhodná pro lidi trpící celiakií.

4.1 Chemické složení kukuřice a kukuřičné mouky

Základními stavebními složkami obilných zrn jsou v pořadí podle množství sacharidy a bílkoviny. V malých množstvích jsou v zrnech obsaženy další složky – tuky, minerální látky a ve velmi malých množstvích vitaminy. [14]

4.1.1 Sacharidy

Sacharidy tvoří největší podíly obilného zrna. Z monosacharidů má největší význam glukosa, která je základním kamenem pro tvorbu škrobu a celulosy. Oligosacharidy se vyskytují ve velmi nízkých koncentracích. Nejvíce je v zrně zastoupena maltosa a sacharosa. Polysacharidy jsou zde zastoupeny ve formě škrobu a celulosy. Celulosa je ve vyšších koncentracích přítomna ve vnějších obalových vrstvách, naopak škrob se nachází v endospermu a je pro cereální technologii zcela zásadní. Je hlavní zásobní živinou rostlin sloužící jako zásoba glukosy a je uložen ve škrobových zrnech (granulích), které mají geneticky daný tvar a rozměry. Strukturu škrobu tvoří lineární amyloza s α -(1→4) glykosidovými vazbami a větvený amylopektin, obsahující α -(1→4) a α -(1→6) vazby. U tradičních obilovin se uvádí poměr 25 % amylosy a 75 % amylopektinu. Obě frakce se díky různé struktuře liší též svými chemickými a fyzikálními vlastnostmi. Amyloza je rozpustná ve vodě za studena, amylopektin pouze bobtná a není schopen vytvořit roztok. [8, 37]

Vláknina

Vláknina se skládá z neškrobových polysacharidů a několika dalších složek (celulosa, lignin, chitin, pektin, β -glukany, oligosacharidy). Dle rozpustnosti se člení na rozpustnou a nerozpustnou. Rozpustná vláknina zahrnuje hemicelulosy, β -glukany, pektinové látky, rostlinné gummy a slizy. Nerozpustnou vlákninu tvoří celulosa, hemicelulosa a lignin. Vláknina má příznivý účinek na lidský organismus. Podílí se na zpomalení vstřebávání

tuků a sacharidů, snížení výskytu rakoviny střev, poskytuje ochranu před onemocněním srdce a cév. Pomáhá při snižování nadváhy, čímž zvyšuje pocit nasycení. Vláknina má i své negativní účinky, a to rychlejší průchod tráveniny zažívacím traktem, čímž se snižuje její využitelnost. Nepříznivý účinek potravin s vysokým obsahem vlákniny lze předpokládat zejména u starých osob, jejichž příjem minerálních látek je nízký. Vláknina je obsažena zejména v ovoci a zelenině, tmavé mouce a výrobcích z nich. V České republice je doporučován denní příjem vlákniny 30 g. [38, 39]

4.1.2 Bílkoviny

Obsah bílkovin ve vnějších částech obilného zrna je vyšší než u vnitřních částí. Základními bílkovinami všech obilovin jsou albuminy, globuliny, prolaminy a gluteliny (Tab. 1). [40]

Tabulka 1 Bílkoviny jednotlivých obilovin v [%] [40]

Obiloviny	Albuminy	Globuliny	Prolaminy	Gluteliny
Pšenice	Leukosin 14,7	Edestin 7,0	Gliadin 32,6	Glutenin 45,7
Ječmen	12,1	8,4	Hordein 25,0	Hordein 54,5
Žito	44,4	10,2	Sekalin 20,9	Sekalin 24,5
Oves	20,2	Avenalin 11,9	Gliadin 14,0	Avenin 53,9
Kukuřice	4,0	2,8	Zein 47,9	Zeanin 45,3

Kukuřice obsahuje v průměru 12 % bílkovin a tvoří je zein (47,9 %), který patří mezi prolaminy (gliadiny) a zeanin (45,3 %), který se řadí mezi gluteliny. Zein je zvláště bohatý na kyselinu glutamovou (21 až 26%), leucin (20%), prolin (10%) a alanin (10%). Z limitujících aminokyselin obsahuje kukuřičné zrno tryptofan a lysin. [41]

4.1.3 Tuky

Lipidy jsou rozsáhlou a významnou skupinou organických sloučenin běžně se vyskytujících v živé přírodě. Jejich společnou vlastností je nerozpustnost nebo omezená rozpustnost ve vodě.

Vyšší výskyt tuků je patrný v klíčcích. Tuk z obilných klíčků je z výživového hlediska velmi cenný, proto se z některých lisují oleje. Kukuřičný olej patří k nejhodnotnějším stolním olejům. [14]

V kukuřičných zrnech jednoznačně převládá kyselina linolová (50 %). Tato kyselina je jednou z nenasycených mastných kyselin, které podléhají velmi snadno oxidaci, což má za následek žluknutí mouky při delším skladování. Hydrolytické žluknutí tuku v mouce se projevuje zvýšením kyselosti. Kukuřičné zrno obsahuje další nenasycené mastné kyseliny – kyselina olejová (30 %), kyselina linolenová (3 %) a nasycené mastné kyseliny – palmitová (14 %) a stearová (2 %). [8]

4.1.4 Vitaminy

Endosperm je na vitaminy chudý. Vitaminy se vyskytují v jiných anatomických částech, zejména v obalových vrstvách a klíčku v podstatně větším množství. Jsou zde zastoupeny vitaminy skupiny B – B₁ (thiamin), B₂ (riboflavin), B₆ (pyridoxin). [14]

4.1.5 Minerální látky

Minerální látky souhrnně označujeme jako popel, což znamená anorganický zbytek po spálení rostlinného materiálu. Obsah popela se pohybuje v rozmezí cca 1,2–2,5 %, přičemž jeho koncentrace je nejvyšší v obalových vrstvách a nejnižší v endospermu. Z popelovin je nejvíce zastoupen oxid fosforečný, hořčík, vápník, selen a železo. [8, 14]

4.2 Chemické složení pohanky a pohankové mouky

Pohanka je kvůli své vysoké výživové hodnotě označována jako funkční potravina. Funkční potraviny lze charakterizovat jako potravinářské produkty obsahující větší množství fyziologicky významných složek, které snižují riziko onemocnění nebo zlepšují kvalitu života po fyziologické a psychologické stránce. Funkční potraviny mají několik definic a můžeme se setkat např. s pojmem nutraceutika, které jsou většinou podávány ve formě tablet nebo prášku. [42]

Pohanka je ceněna díky vysoké biologické hodnotě bílkovin a esenciálních aminokyselin, vysokému obsahu vlákniny a škrobu, zastoupení mastných kyselin. Je také bohatým zdrojem minerálních látek, vitaminů a velmi významnou složkou pohanky je flavonoid rutin. Chemické složení ovlivňují podmínky pěstování (půda, vláha, teplota). [5]

4.2.1 Sacharidy

Hlavním sacharidem pohanky je škrob, který tvoří okolo 55 % hmotnosti nažky. Jeho vlastnosti určují konzistenci a chuť pohankových produktů. Škrobová zrna jsou v porovnání s pšenicí malá a dosahují velikosti 3–4 μm . V zrně se škrob nachází v endospermu, kde se hydrolyzuje během klíčení na jednoduché sacharidy, které zajišťují dostatek energie pro růst rostliny. Z nutričního hlediska existují tři frakce škrobu: rychle stravitelný, pomalu stravitelný a odolný (rezistentní) škrob. Zbývající frakce škrobu mají podobné účinky jako vláknina, která nelze štěpit amylasami, dostává se tedy do tlustého střeva, kde slouží jako výživa pro střevní mikroflóru a představuje substrát pro látkovou výměnu střevních bakterií. [5, 43]

Pohanková zrna dále obsahují 2 % rozpustných sacharidů. Mezi rozpustné sacharidy patří D-chiroinositol a fagopyritoly, které jsou významné pro zrání semen. Jsou obsaženy především v zárodku a aleuronové vrstvě. Mezi jednoduché sacharidy pohanky se řadí glukosa a fruktosa, z oligosacharidů se vyskytují sacharosa, rhamnosa, maltosa a rafinosa. [5]

Vláknina

Obsah celkové vlákniny v pohance může být ovlivněn genetickými i enviromentálními faktory. Pohanka obsahuje cca 5–10 % vlákniny. Hlavními složkami vlákniny jsou

celulosa, neškrobové polysacharidy, ligniny. V kroupách je obsah vlákniny v rozmezí 5–11 %, přičemž v pohankové mouce (jemně mleté) je množství vlákniny nižší 2–8 %. Vláknina je prevencí před vznikem nádorových onemocnění a onemocnění srdce. Váže na sebe přítomný cholesterol, který tak odchází z těla ven. [18]

4.2.2 Bílkoviny

Obsah bílkovin v nažce pohanky se pohybuje kolem 12 %, může však kolísat podle odrůdy a podmínek růstu. Pohankové bílkoviny mají vyšší biologickou hodnotu než obiloviny (pšenice, ječmen, žito, oves) a také vyvážený obsah esenciálních aminokyselin. [1, 19]

Hlavní bílkovinné frakce zrn jsou albuminy, prolaminy a gluteliny. Jednotlivé frakce bílkovin obsahují 50 % albuminů a 25 % globulinů, 6,3 % prolaminů a 18,7 % glutelinů. Charakteristickým rysem pro bílkoviny pohanky je, že neobsahuje gliadiny, tudíž je pohanková mouka považována za vhodnou potravinu pro bezlepkovou dietu. [43]

Bílkoviny pohanky spolu se škrobem jsou hlavními endogenními faktory, které odpovídají za texturní vlastnosti těsta. Mezi tyto vlastnosti patří soudržnost, přilnavost, pružnost a tažnost. Plody pohanky mají téměř optimální zastoupení esenciálních aminokyselin (Tab. 2) a zejména vysoký obsah lysinu, treoninu, tryptofanu a sirných aminokyselin. Z tohoto hlediska je pohanka výborným doplňkem běžných obilovin. Limitující aminokyselinou pohanky je leucin. [43, 44]

Tabulka 2 Esenciální a limitující AMK pohanky [44]

Aminokyselina	zrno	slupka	mouka
	g/100 g		
Valin	5,3	4,9	-
Leucin	6,7	6,2	6,2
Izoleucin	4,0	3,7	3,7
Threonin	4,0	3,8	-
Methionin	2,3	2,8	1,8
Lysin	6,0	5,9	6,2
Fenylalanin	4,8	4,8	4,2
Tryptofan	0,1	0,2	1,3
Arginin	9,2	10,0	10,1
Histidin	2,6	2,6	2,2

4.2.3 Tuky

Pohanka obsahuje průměrně 1,5–4 % tuků. Nejvyšší koncentrace tuků je v klíčku. Obsah nenasycených mastných kyselin má ochrannou funkci, působí proti kardiovaskulárním nemocem a přispívá ke snížení hladiny cholesterolu v krvi. Z mastných kyselin se v pohance nachází kyselina olejová (36 %), linolová (37 %), α -linolenová (od 1,2–4 %), palmitová (14 %), stearová (do 2 %), arachidonová (do 1,5 %) a eikosapentaenová (EPA) v rozsahu 0,2–3,5 %. [5, 29, 43, 45]

Důležitý je také obsah fyziologicky aktivních sterolů (0,2 % – sitosterol, stigmasterol, kampesterol), které preventivně snižují vstřebávání cholesterolu a mají další pozitivní účinky na některá chronická onemocnění. [5]

4.2.4 Minerální látky

Pohanka představuje cenný zdroj minerálních látek. Jejich celkový obsah je průměrně 2–2,5 %. Z toho je asi 50 % v klíčku a další podíl obsahují slupky. Pohankové kroupy jsou zdrojem zinku, mědi, draslíku, hořčíku, vápníku a železa. Je také zdrojem stopových prvků, jako je zinek, mangan a měď. V porovnání s jinými pseudocereáliemi (amarant, merlík) má pohanka nižší obsah vápníku. [5, 43]

Pohanková mouka je velmi bohatá na hořčík a pohankové kroupy jsou cenným zdrojem fosforu. Obsah minerálních prvků v pohankové mouce uvádí Tabulka 3. [5, 45]

Tabulka 3 Minerální látky obsažené v pohankové mouce [45]

Minerální prvek	Množství [mg/kg]
K	4400
P	3590
Mg	2140
Ca	180,5
Fe	24,8
Zn	23,4
Mn	10,2
Cu	4,6

4.2.5 Vitaminy

Z vitamínů jsou v plodech pohanky zastoupeny převážně vitamín B₁ (thiamin), B₂ (riboflavin), B₆ (pyridoxin) a vitamín E. Největší koncentrace vitamínu B₁ je v obalových vrstvách. Vitamín B₂ se nachází převážně v endospermu a kolem klíčku. Vitaminy skupiny B jsou důležité pro celkovou imunitu, zdravou kůži, příznivě ovlivňují stavy podrážděnosti, nechutenství a bolest hlavy. Vitamín E je silný antioxidant, který chrání před škodlivými účinky volných radikálů. Také pohankové otruby, kde je obsah většiny vitamínů vyšší, jsou vysoce hodnotnou potravinovou surovinou. [5, 46]

4.2.6 Fenolické látky

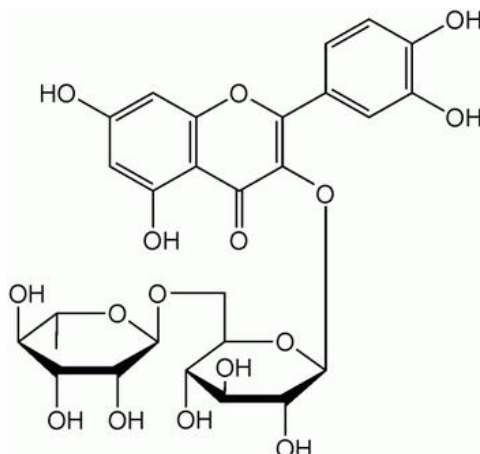
Flavonoidy jsou látky se širokým spektrem pozitivních fyziologických a biologických účinků. Mají antialergenní, antikarcinogenní, antidiabetické, kardiopreventivní a antivirové účinky. Představují významnou skupinu přírodních antioxidantů v pohance a také jsou účinné při snižování cholesterolu v krvi, snižují krevní tlak. [43]

Jedná se o přírodní látky, které jsou přítomny v každé vyšší rostlině. U obilných zrn jsou vázány na buněčnou stěnu a v pohance jsou rozmístěny po celém zrně. Jejich obsah se pohybuje kolem 0,73 %. [46]

Mezi fenolické látky patří flavonoidy, které se vyskytují v různých částech rostlin (stoncích, květech, kůře, kořenech a semenech). Zatím bylo identifikováno více než 6000 různých druhů. Flavonoidy jsou sekundární metabolity rostlin a z pohanky byl izolován rutin, orientin, vitelin, quercetin, isovitexin a isoorientin. [43, 46]

Rutin

Rutin (Obr. 7) je krystalická látka zelenožluté barvy, špatně rozpustná ve vodě, bez chuti a zápachu. Rutin (neboli kvercetin-3- β -rutinosid), dříve označovaný jako vitamin P, je glykosid flavonoidů. Jeho obsah v pohance se pohybuje okolo 1,8 % a je závislý na růstových podmínkách, množství slunečního záření a v menší míře na odrůdě. Nejvíce rutinu se vytváří v květenství, neloupaných zrnech a horních listech. Rutin je soustředěn ve vyšších a mladších listech více než v těch starších. Nejmenší množství rutinu má lodyha a kořen. Největší obsah rutinu při porovnání produktů vyrobených z krup, květů a listů pohanky byl zaznamenán v čaji z květů pohanky. Vyznačuje významnými účinky na lidský organismus. Vykazuje antioxidační aktivitu, snižuje křehkost krevních kapilár, má antikarcinogenní a protizánětlivé účinky. Chrání proti vysokému krevnímu tlaku a cévním chorobám. Rutin je známý jako antioxidant kyseliny askorbové. Díky svým léčebným účinkům se využívá ve farmaceutických preparátech, kosmetických a potravinářských výrobcích. Doporučená denní dávka rutinu je u dětí 20–60 mg a u dospělých 60–100 mg. [5, 18, 47, 48, 49, 50]



Obrázek 7 Struktura rutinu [51]

4.2.7 Antinutriční látky

Pohanka obsahuje některé antinutriční látky, jako jsou inhibitory proteas, kyselina fytová a třísloviny (tanin). Vysoká hladina taninů patří k hlavním faktorům snižujícím stravitelnost bílkovin v různých pohankových produktech. Obsah taninu v nažce je 0,5–4,5 % v závislosti na ekologických podmínkách a na odrůdě. [5]

Dalšími antinutričními složkami jsou fytáty, které jsou obsaženy v aleuronové vrstvě a jsou hlavní zásobní formou fosforu, draslíku a hořčíku. Tvoří nerozpustné komplexy s minerálními látkami, čímž snižují jejich biologickou využitelnost. Celá pohanková nažka obsahuje cca $10 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ kyseliny fytové. [5]

V pohance je obsažen fototoxický derivát hypericinu – fagopyrin, který patří do skupiny fotosenzibilizujících látek, což jsou sloučeniny se schopností fotosenzibilizace tzv. zcitlivění organismu vůči slunečnímu světlu po styku s určitými látkami. Fagopyrin ale může být využit při léčbě cukrovky druhého typu. [5, 18]

5 REOLOGICKÉ VLASTNOSTI TĚSTA

Reologie, jako odvětví fyziky, studuje chování látek za deformace. Popisuje vztah mezi napětím a rychlostí deformace, kterému je materiál vystaven. Měření reologického chování látek nám poskytuje informace o parametrech jako je tuhost, tvrdost, viskozita, síla nebo houževnatost. [52, 53]

Mezi obecné cíle měření reologie patří:

- kvantitativní popis materiálů, mechanické vlastnosti,
- získání informace týkající se molekulární struktury a složení materiálu,
- charakteristika materiálů během zpracování a kontrola kvality. [52]

Pomocí reologických vlastností můžeme předpovědět konečnou kvalitu výrobku, která je založena na struktuře materiálu. Většina reologických vlastností těsta je odvozena od mouky, vody a vzduchu, ale mohou být také ovlivněny aditivy, která se přidávají do těsta během zpracování. Proto se při odhadování zpracovatelnosti těsta a konečné kvality výrobku musí brát v úvahu kompletní složení. [53]

Pro měření reologie těst se používají následující přístroje: farinograf, mixograf, alveograf, extenzograf a amylograf. Pomocí farinografu a mixografu se určí pekařská kvalita mouky. Extenzograf a alveograf zjišťuje chování těsta. Amylograf sleduje chování moučných suspenzí během mazovatění. [54]

5.1 Podstata tvorby těsta

Základ těsta tvoří mouka, voda a sůl. V některých případech se přidává tuk nebo i povrchově aktivní látky (např. hydrokoloidy). Během míchání mouky a vody se částice mouky pozvolna hydratují vodou, nevytváří se však hned spojitá masa těsta. Ke vzájemnému styku molekul bílkovin a hydratovaných polysacharidů dochází až během hnětení, které přispívá k tvorbě příčných vazeb. Díky tomu se tvoří trojrozměrná síť dodávající těstu elasticitu. Takové vlastnosti však nenajdeme u bezlepkových obilovin, jako je kukuřice a pohanka. Mouka z těchto pseudocereálií nevytváří viskoelastická těsta. Od pšeničné mouky se liší ve struktuře a složení bílkovin. Pšeničná mouka obsahuje lepek, který se podílí na pružnosti, tuhosti, tažnosti a stabilitě těsta a je významným faktorem kvality pekárenské suroviny, proto se hledá cesta jak tuto kvalitu bezlepkových těst zvýšit. Jednou z cest je šlechtění nových odrůd se zlepšenou pekárenskou kvalitou nebo

se do mouk z bezlepkových obilovin přidávají povrchově aktivní látky. Obecně jsou těsta bez lepku lepivá a jejich hnětení je obtížné, takže vyžadují speciální technologický postup. [8, 56, 57]

Voda je jedním z hlavních složek pekařských výrobků. Ovlivňuje tvorbu těsta a podílí se na textuře pekařských výrobků. Je potřebná pro hydrataci bílkovin a působí jako hlavní mechanismus přenosu tepla během pečení. Optimální množství vody je závislé na požadované viskozitě těsta a produktových vlastnostech. [57]

5.2 Faktory ovlivňující reologii těsta

5.2.1 Míchání

Míchání je důležitá operace při zpracování těsta, kdy je tvořena struktura potravin a rozvíjí se viskoelastické vlastnosti. Na této operaci se také podílí vzduch, který má výrazný vliv na reologii a texturu. Během a po ukončení míchání probíhá koloidní poutání vody na moučné částice. Následkem těchto změn se zvyšuje viskozita vznikajícího těsta a zpevňuje se struktura. Pro dosažení řádného vývinu těsta, musí být splněny dvě základní podmínky a to, dodaná energie (práce) a intenzita (rychlost) míchání, při které je možné těsto zpracovat. Úroveň těchto požadavků je různá v závislosti na typu hnětače a parametřů mouky. [52, 58]

5.2.2 Tvarování

Během tvarování dojde k vypuzení části plynů z těsta, tím se zmenší jeho objem, dojde ke ztužení a zlepšuje se soudržnost těsta. Tvarování je podmíněno tlakem, kterému je těsto vystaveno a ovlivňuje reologické vlastnosti. [52]

5.2.3 Kynutí

Kynutí se provádí chemickou nebo biologickou cestou. Chemická kypřidla obsahují rozpustný hydrogenuhličitan sodný nebo draselný, který se rozkládá teplem. Biologické kypření je prováděno přidávkem droždí (kvasinky *Saccharomyces cerevisiae* Hansen). Působením kvasinek probíhá alkoholové kvašení. Kvasinky spotřebovávají zkvasitelné cukry a produkty jsou oxid uhličitý (CO₂) a etanol (1). Principem všech kypřidel je rozklad (2)

hydrogenuhličitanu sodného nebo draselného na oxid uhličitý, který způsobí nakypření těsta. [55, 59, 60, 61]



5.2.4 Pečení

Pečení je proces, kdy dochází k vytvoření střídky a kůrky výrobku, což má zásadní vliv na výslednou kvalitu produktu z hlediska vzhledu a textury. Zvětšování objemu je způsobeno rozpínáním CO_2 , ethanolu a částečně vodní páry. [62]

Během pečení probíhají v těstě fyzikálně-chemické i biochemické změny. Při dosažení teploty $45\text{ }^\circ\text{C}$ se prudce snižuje životaschopnost kvasinek. Činnost enzymů se inaktivuje při teplotě $70\text{--}80\text{ }^\circ\text{C}$. Škrob se zvyšující teplotou bobtná a mazovatí. Bílkoviny v první fázi bobtnají a při zvyšující se teplotě tuto schopnost ztrácejí a začínají denaturovat při $60\text{ }^\circ\text{C}$. Změny škrobu a bílkovin jsou hlavní procesy při tvorbě pečiva. [62]

Při pečení se tvoří chuťové, aromatické a barevné látky. Na vzniku chuťových a aromatických látek se podílejí organické kyseliny (máselná, mléčná, pyrohroznová, octová) a jejich sloučeniny, alkoholy (etanol, propanol), ketony a aldehydy. Barevné látky vznikají tepelným rozkladem jednoduchých cukrů. Důležitou skupinou jsou i melanoidy, které vznikají při Maillardově reakci zvýšené teploty. [59]

6 HYDROKOLOIDY

Hydrokoloidy jsou polymerní látky, které po rozpuštění nebo dispergování ve vodě tvoří viskózní roztoky nebo disperze a podstatně upravují strukturní vlastnosti potravin. Polymerními látkami se nazývají proto, že jejich molekuly jsou složeny ze stovek jednodušších molekul. Svoji strukturou jsou zařazeny mezi polysacharidy, bílkoviny nebo i syntetické polymery. Ve finální potravině z hlediska původu můžeme charakterizovat dva typy hydrokoloidů. První typ je přirozenou součástí potravin (škrob, lepek, celulóza, kolagen) a druhý typ v původním systému chybí a do potravin je úmyslně přidáván v průběhu výroby. [63]

Důvodem používání hydrokoloidů v potravinářství je vytváření a udržení žádoucí textury a reologických vlastností potravin, pochutin nebo nápojů. Hydrokoloidy se také používají při výrobě bezlepkového pečiva pro získání většího objemu a jemné textury výrobku. Výběr závisí na charakteru, složení a požadovaných optických vlastnostech výrobku, typu použité technologie a dalších faktorech. Jednotlivé hydrokoloidy vykazují rozdílné reologické chování v důsledku odlišných reakcí na technologické podmínky – mechanické namáhání, teplotu, pH prostředí, přítomnost solí, následné vlivy během plnění do obalu, transportu a skladování, vnější termické faktory, čas a aktivita vody. [63, 64]

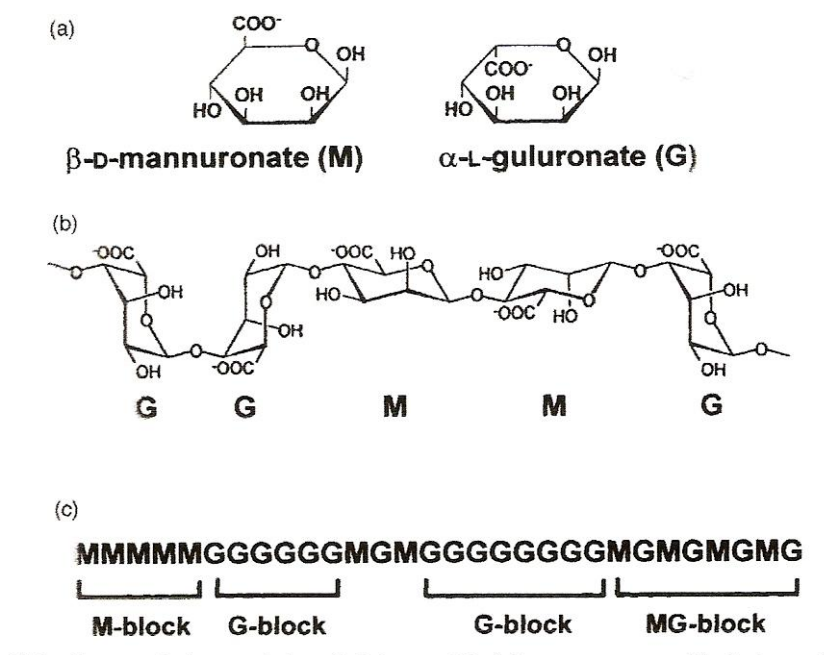
V posledních letech roste zájem o začlenění hydrokoloidů do bezlepkových mouk, kde by mohly napodobovat viskoelastické vlastnosti lepku a jeho výsledkem by byla lepší struktura, zvýšená kvalita pečiva a delší doba použitelnosti těchto produktů. Hydrokoloidy jsou tedy používány v bezlepkové dietě jako náhrady lepku. [2, 65]

Hydrokoloidy se používají i z hlediska pozitivního působení na lidský organismus. Bylo prokázáno, že některé přispívají ke snížení hladiny cholesterolu v krvi (např. arabská guma, pektin, xantanová guma). U dalších (např. inulin, arabská guma) byly zjištěny probiotické účinky. Jsou odolné proti působení enzymů a projdou tenkým střevem, aniž by byly metabolizovány. V tlustém střevě stimulují růst prospěšných střevních bakterií, zejména bifidobakterií a snižují růst škodlivých mikroorganismů. Některé studie uvádějí jejich použití jako léčebný zdroj vlákniny. [65, 66]

6.1 Algináty

Algináty jsou rostlinné hydrokoloidy, které se získávají z hnědých řas rodu *Phaeophyceas*, rostoucí při pobřeží severního Atlantiku. Všechny algináty jsou bez chuti a bez zápachu, bezbarvé nebo mírně nažloutlé. Po chemické stránce se jedná o kyselinu alginovou, která je nestabilní a převádí se do formy solí, které jsou stabilní (tj. alginát sodný, vápenatý, amonný a draselný). Jsou to polymerní lineární molekuly složené z kyseliny D-manuronové (označení M), jejíž část je nahrazena kyselinou L-glukuronovou (označení G). [66]

Algináty je možno rozdělit do tří frakcí s rozdílným složením. Dvě frakce jsou charakteristické homopolymery molekul, buď se jedná o M-blok – kyselina manuronová a nebo G-blok – kyselina glukuronová. Třetí frakce se vyznačuje M a G-bloky, kdy se jedná o kopolymery. Kopolymery jsou proložené oblasti se střídavými strukturami (M a G-bloky), (Obr. 8). [66]

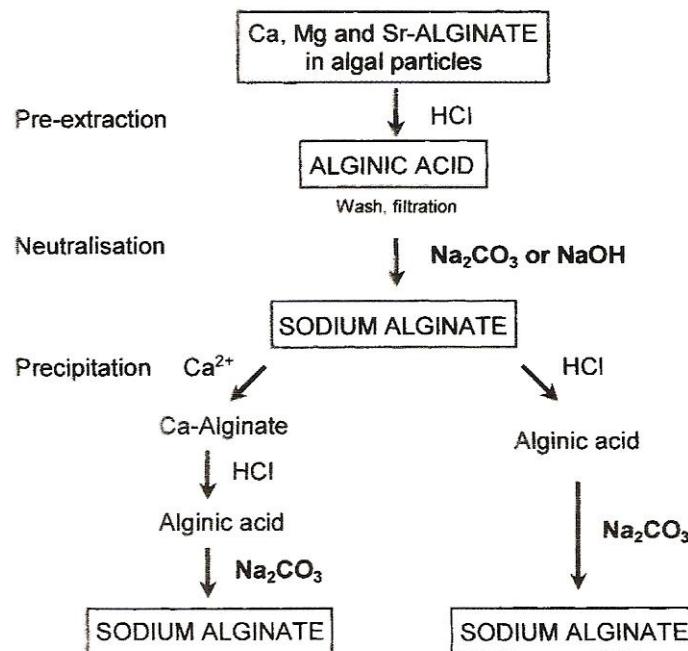


Obr. 8 Strukturální charakteristika alginátu:

(a) alginátové monomery, (b) řetěz konformace,

(c) blok distribuce [66]

Alginát byl poprvé popsán v roce 1881. Nachází se v mezibuněčné hmotě hnědých řas ve formě gelu s obsahem sodíku, vápníku, hořčíku, stroncia a barya. Některé bakterie (př. *Azotobacter vinelandii*) také produkují alginát, ale v současné době jsou všechny algináty extrahovány ze zdrojů řas. Nejprve se provádí vyluhování mořských řas v organické kyselině, která umožňuje výměnu iontů vápníkem a vodíkem z kyseliny. Následuje neutralizace kyseliny alginové pomocí Na_2CO_3 nebo NaOH a získá se nerozpustný alginát použité soli. Srážení se provádí alkoholem, chloridem vápenatým nebo minerální kyselinou. V konečné fázi se suší a mele. (Obr. 9) [66]

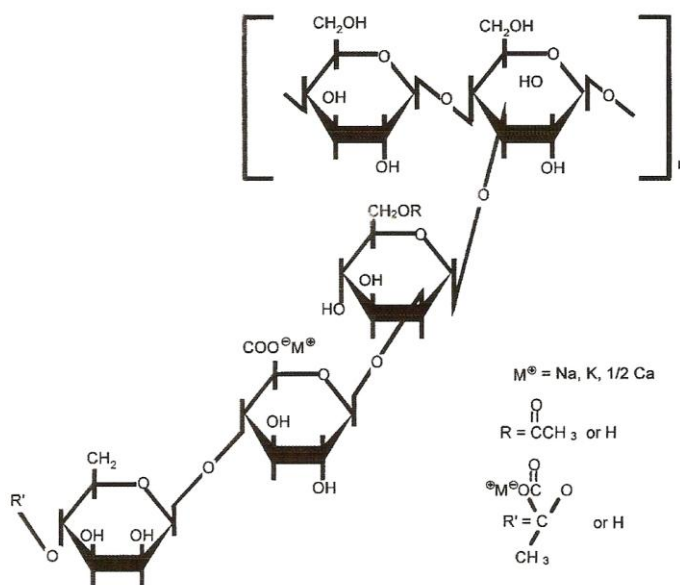


Obrázek 9 Schéma pro izolaci alginátu z mořských řas [66]

Alginátové soli, kromě vápenaté, jsou rozpustné. Při pomalém okyselování se tvoří gel. Algináty mohou být používány jako zahušťovací nebo gelotvorná činidla. Tyto vlastnosti závisí na přítomnosti vápenatých iontů. V přítomnosti dostatečného množství iontů vápníku vzniká gel. Viskozita je nezávislá v rozsahu pH od 4 do 10. V potravinářství se algináty využívají jako emulgátory, stabilizátory a zahušťovadla. [48]

6.2 Xantanová guma

Byla objevena v roce 1950 a řadí se mezi hydrokoloidy produkované bakterií *Xanthomonas campestris*. Xantanová guma je heteropolysacharid tvořený z glukosy, manosy a kyseliny glukuronové (Obr. 10). Primární struktura je lineární tvořená z β -D-glukosových jednotek (1 \rightarrow 4) s postraními řetězci trisacharidu, který je tvořený ze dvou jednotek D-manosy, mezi kterými leží kyselina D-glukuronová. [69]



Obrázek 10 Struktura xantanové gummy [66]

Výroba xantanové gummy spočívá v několika krocích. Prvním krokem je fermentace mikroorganismu (*Xanthomonas campestris*) ve fermentačním tanku (bioreaktoru) po dobu 3 dnů při teplotě 30 °C. Výsledkem je tzv. vývar, který obsahuje xanthan, bakteriální buňky a jiné chemické látky. Nejprve dojde k odstranění bakteriálních buněk pomocí filtrace nebo odstředování. Poté dojde k vysrážení a sušení xantinové gummy, sušený produkt se mele a balí do obalů s nízkou propustností pro vodu. [66, 67]

Xanthomonas campestris se řadí do rodu *Pseudomonaceae*. *Xanthomonas* jsou gramnegativní, nepohyblivé mikroorganismy tyčinkovitého tvaru (0,4 ±0,7 mm široké a 0,7 ±1,8 mm dlouhé). Ke svému růstu vyžadují kyslík, čímž se řadí mezi striktně aerobní mikroorganismy. Kolonie se vyznačují žlutým zbarvením s hladkým povrchem. V přírodě se bakterie nacházejí na listech brukvovité zeleniny (např. zelí). [67]

Xantanová guma je velmi dobře rozpustná ve studené i teplé vodě. Vytváří vysoce viskózní roztoky i při nízkých koncentracích. Viskozita závisí na teplotě, koncentraci solí a pH. Má jedinečné schopnosti udržet viskozitu až do bodu tání. Při této teplotě viskozita prudce klesá kvůli reverzibilní molekulární konformaci. Xantanová guma je stabilní v širokém rozmezí pH (stabilní při pH od 2-12). Přítomnost solí zhoršuje její hydrataci. Je užitečná v mnoha průmyslových aplikacích, především v potravinářském průmyslu, kde se xantanová guma používá jako zahušřovadlo a stabilizátor. [66, 67]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

7 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE

- V teoretické části popsat onemocnění celiakie
- Charakterizovat materiály používané pro výrobu bezlepkového pečiva a jejich reologické vlastnosti
- Popsat hydrokoloidy jako prostředky pro zlepšení reologických vlastností těst pro výrobu bezlepkového pečiva
- V praktické části popsat materiál a použité metody
- Změřit extenzografické vlastnosti připravených těst (bez a s přídavkem hydrokoloidů) za použití texturního analyzátoru
- Statisticky vyhodnotit získané výsledky a zjistit vliv přídavku hydrokoloidů
- Vyvodit závěry a přínos pro praxi

8 METODIKA PRÁCE

8.1 Charakteristika použitých surovin

Pro měření bezlepkových těst pomocí texturometru byly použity následující suroviny:

1. kukuřičná mouka (MLÝN HERBER spol. s r. o., Opava)

MLÝN HERBER spol. s r. o. působí úspěšně na trhu s mlýnskými výrobky od roku 1962 a pokračuje v tradici výroby a prodeje mouky. Ve svém sortimentu výrobků nabízí pšeničné, žitné a kukuřičné výrobky. [68]

Kukuřičná mouka byla označena velkým tiskacím písmenem „Z“. Označení vychází z latinského názvu kukuřice *Zea mays* → „Z“.

2. pohanková mouka jemně mletá a celozrnná (Pohankový mlýn Šmajstrla s. r. o., Frenštát pod Radhoštěm)

Pohankový mlýn Šmajstrla zpracovává a balí pouze pohanku již od roku 1861. Používá přitom technologii mechanického loupání, při němž zůstávají v pohance zachovány vitaminy a další hodnotné látky. Na trhu nabízí pohankovou mouku, kroupy, krupici, pohankové těstoviny, vločky, instantní kaše, křupky a slupky, které slouží jako výplň do polštářů. [69]

Označení pohankové mouky jemné vychází z latinského názvu *Fagopyrum esculentum* Moench, proto byla pohanková mouka jemně mletá označena „F“ a pohanková mouka celozrnná označena jako „Fc“, kde písmeno „c“ značí, že se jedná o celozrnnou mouku.

3. hydrokoloidy

- Xantanová guma (produkovaná bakterií *Xanthomonas campestris*)
- Alginát sodný

Oba hydrokoloidy byly zakoupeny od firmy Sigma-Aldrich s. r. o., která se specializuje na prodej produktů pro biochemii, analytickou chemii a chromatografii, prodej laboratorního vybavení a literatury.

4. chlorid sodný (NaCl)
5. voda

8.2 Příprava vzorků

Vzorky byly připraveny smícháním 10 g mouky (směsi mouk), 0,2 g chloridu sodného s odpovídajícím množstvím vody do optimální konzistence v souladu se Suchy et al. (2000) s lehkou modifikací. U prvních dvou sérií vzorků – směsí kukuřičné a pohankové mouky (ZF a ZFc) nebyl použit žádný hydrokoloid. Poté byly připraveny vzorky smícháním 10 g mouky (kukuřičné, pohankové jemně mleté a pohankové celozrnné) s 0,2 g NaCl, odpovídajícím množstvím vody a přídavkem hydrokoloidu v koncentraci 0,1; 0,5 a 1 % na hmotnost mouky. Vzorky byly ponechány při pokojové teplotě a stabilní vlhkosti po dobu 20 minut a následně byly podrobeny analýze na přístroji Texture Analyser TA.XT Plus (Stable Micro Systems, Surrey, Velká Británie), který byl vybaven SMS/Kiefferovou soupravou pro měření extenzografických vlastností.

Směsi mouk byly připraveny předem a následující tabulka znázorňuje míchání jednotlivých mouk pro přípravu použitých směsí. (Tab. 4)

Tabulka 4 Přehled míchání směsí použitých mouk

1. série vzorků		2. série vzorků	
Fc 100	10 g Fc	F 100	10 g F
ZFc 1090	1 g Z + 9 g Fc	ZF 1090	1 g Z + 9 g F
ZFc 2080	2 g Z + 8 g Fc	ZF 2080	2 g Z + 8 g F
ZFc 3070	3 g Z + 7 g Fc	ZF 3070	3 g Z + 7 g F
ZFc 4060	4 g Z + 6 g Fc	ZF 4060	4 g Z + 6 g F
ZFc 5050	5 g Z + 5 g Fc	ZF 5050	5 g Z + 5 g F
ZFc 6040	6 g Z + 4 g Fc	ZF 6040	6 g Z + 4 g F
ZFc 7030	7 g Z + 3 g Fc	ZF 7030	7 g Z + 3 g F
ZFc 8020	8 g Z + 2 g Fc	ZF 8020	8 g Z + 2 g F
ZFc 9010	9 g Z + 1 g Fc	ZF 9010	9 g Z + 1 g F
Z 100	10 g Z	Z 100	10 g Z

Označení „Z“ značí kukuřičnou mouku, „F“ pohankovou mouku jemně mletou a „Fc“ značí pohankovou mouku celozrnnou.

8.3 Měření na přístroji TA.XT Plus

Před vlastním měřením byla na přístroji nejprve provedena kalibrace. Extenzografické parametry vzorků (energie [mm^2], odpor [g] a tažnost [mm]) byly změřeny za použití texturometru TA.XT Plus (Obr. 11) v tenzi. Vzorek těsta byl nadávkován do pomocného zařízení s drážkami, odkud byly pomocí lamel vypreparovány plátky a podrobeny extenzografické zkoušce ve třech opakováních. Přístroj byl vybaven kompresní celou o hmotnosti 30 kg a SMS/Kiefferovou soupravou. Rychlost zařízení během testu bylo nastaveno na $3,3 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$, rychlost před testem $2,0 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$, rychlost po ukončení testu $10,0 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$, hraniční testovací síla byla nastavena na 2 g.



Obrázek 11 Texturometr TA.XT Plus

8.3.1 Texturometr TA.XT Plus

TA.XT Plus Textur Analyser dodává firma Stable Micro Systems LTD se sídlem ve Velké Británii. Hlavním cílem společnosti je poskytovat kompletní servis, aby bylo zajištěno, že výrobky i nadále plně uspokojí požadavky zákazníků. Výrobky Micro Systems se prodávají po celém světě a jsou využívány v každodenním provozu pro testování široké

škály produktů, materiálů a vlastností a stejně tak jsou integrovány do mnoha výrobních linek. Přístroj TA.XT Plus Texture Analyser se používá k měření mnoha vlastností, jako je tvrdost, křehkost, přilnavost, pružnost, viskoelasticita, soudržnost, rozpad, stlačitelnost, ztuhlost, odolnost proti propíchnutí aj. na širokou škálu výrobků. Tento přístroj hodnotí texturní vlastnosti tím, že zachytí sílu, vzdálenost a čas rychlosti, který je pak převeden do plně integrovaného softwaru. Při měření využívá celou řadu různých sond a příslušenství dle požadované zkušební metody. Každá sonda nebo přípravek je určen pro určitou skupinu aplikací a může být připojen k základně nebo paži přístroje. Vzorky jsou umístěny buď na základně analyzátoru, na spodní svítidla nebo drženy mezi dvěma úchyty. Rameno přístroje může být posunováno nahoru nebo dolů při jakékoliv rychlosti pomocí posuvníku, který je umístěn v dolní části přístroje. [70]

Software připojený k TA.XT Plus analyzátoru nabízí následující funkce:

4. Kalibrace a ověřování síly – kalibrace zajišťuje, že měření provedené textury analyzátoru je správné.
5. Instruktažní nastavení řízení přístroje.
6. Spouštění testu a sběr dat.
7. Analýza dat.

8.4 Statistická analýza

Výsledky měření byly vyhodnoceny metodou jednofaktorové a dvofaktorové analýzy variance (ANOVA) s následným Fisherovým testem homogenních skupin na hladině významnosti 0,05 za použití programu Statistica 10 (StatSoft, Inc.).

Analýza variance, označovaná ANOVA (z ang. Analysis of Variance), se v praxi používá jako samostatná technika nebo jako postup umožňující analýzu zdrojů variability u statistických modelů. ANOVA umožňuje posouzení významnosti zdrojů variability v datech, vlivu přípravy vzorků na výsledek analýzy, vlivu typu přístroje, lidského faktoru a obsluhy na výsledek měření. [71]

Základní myšlenka analýzy variance spočívá v rozložení celkové variability sledovaného znaku na variabilitu příslušející vlivu, podle něhož bylo provedeno třídění hodnot y a na variabilitu, která je způsobena dalšími vlivy a které způsobují kolísání hodnot uvnitř skupin. [71]

8.4.1 Jednofaktorová analýza variance

Patří k základním statistickým metodám aplikovaným při vyhodnocování experimentálních pokusů. Představuje nejjednodušší případ analýzy variance, kdy analyzujeme účinek jednoho faktoru A na sledovaný výsledek. Jedná se o zjišťování rozdílu průměrů mezi více skupinami (které reprezentují jednotlivé úrovně), zda alespoň jedna hodnota se liší od ostatních. [71]

8.4.2 Dvoufaktorová analýza variance

Provádí porovnání na různých úrovních dvou faktorů A a B. Kombinace úrovní faktoru tvoří mřížkovou strukturu, jejímž elementem je tzv. cele. V každé cele je obecně n_{ij} pozorování. V praxi se můžeme setkat s dvoufaktorovou analýzou bez opakování nebo s opakováním. Často se však setkáváme s případem bez opakování, kdy v každé cele je pouze jediné pozorování, $n_{ij} = 1$. Dvoufaktorová analýza variance bez opakování předpokládá existenci dvou třídících faktorů s tím, že každá obměna faktoru je zastoupena pouze jednou (tj. každá dvojice úrovní faktorů se vyskytuje pouze jedenkrát). Dvoufaktorová analýza variance s opakováním předpokládá existenci dvou třídících faktorů s tím, že každá úroveň faktoru může nabýt několika opakujících se obměn. Aplikace dvoufaktorové analýzy rozptylu je možná pouze pro vyvážené modely, tj. každá skupina má stejný počet pozorování. [72, 73]

9 VÝSLEDKY

Vzorky Fc 100 (tzn. 100 % pohankové mouky celozrnné), F 100 (100 % pohankové mouky jemně mleté) a Z 100 (100 % kukuřičné mouky) byly vybrány jako kontrolní a statisticky významné rozdíly mezi nimi, zbývajících vzorky ze sady a vzorky s přidavkem hydrokoloidů, byly vyhodnoceny. Dále byl vyhodnocen vliv typu použité mouky, typ hydrokoloidu a jeho koncentrace na extenzografické vlastnosti. Každý vzorek byl proměřen třikrát.

9.1 Extenzografické vlastnosti vzorků bez přidavku hydrokoloidů

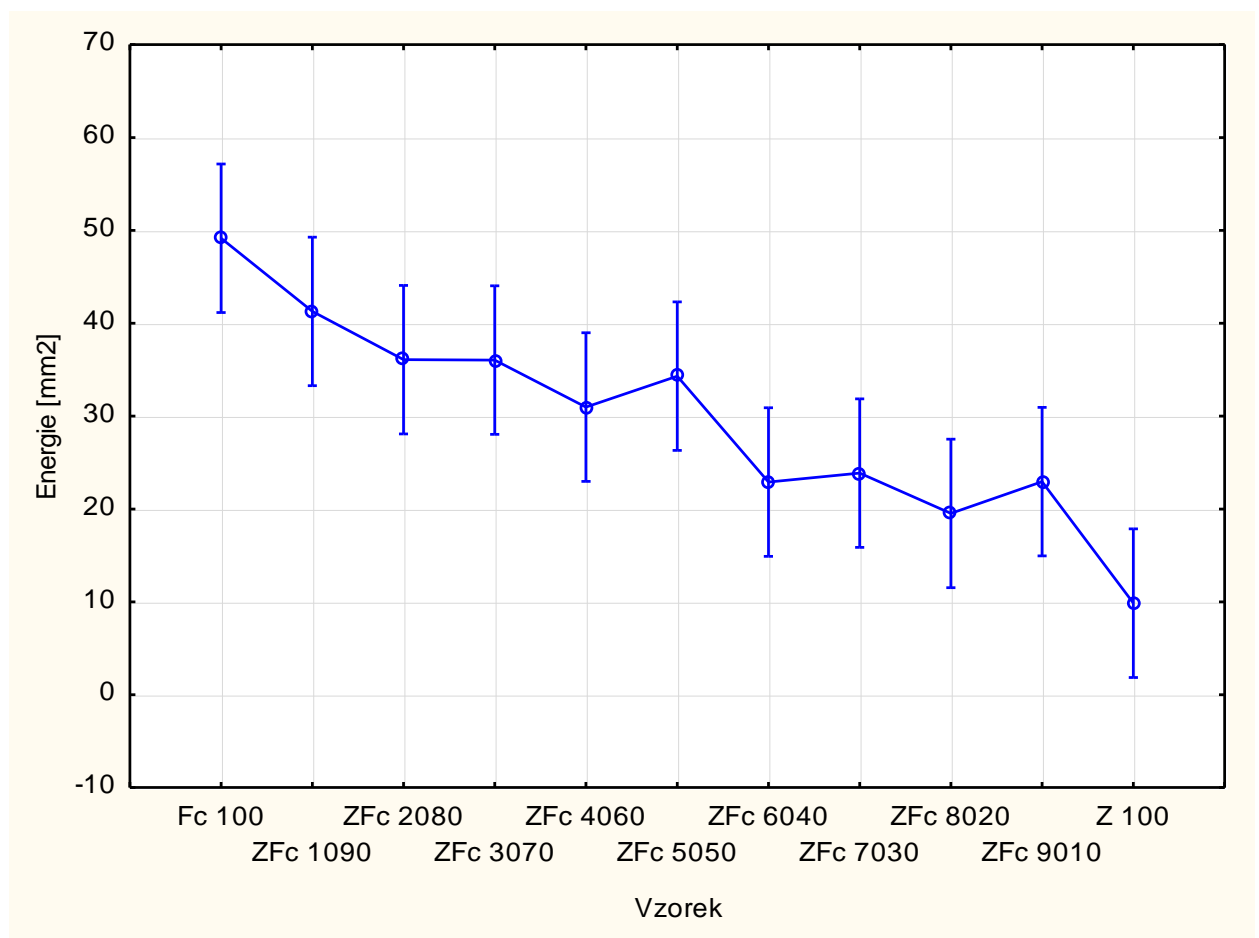
V následujících grafech jsou zobrazeny hodnoty extenzografických parametrů (energie, odpor a tažnost) vzorků bez přidavku hydrokoloidů (ZF, ZFc), které byly vyhodnoceny jednofaktorovou analýzou variance.

V příloze I. a II. jsou uvedeny tabulky hodnot jednotlivých měření vzorků směsí.

9.1.1 Směs kukuřičné a celozrnné pohankové mouky (ZFc)

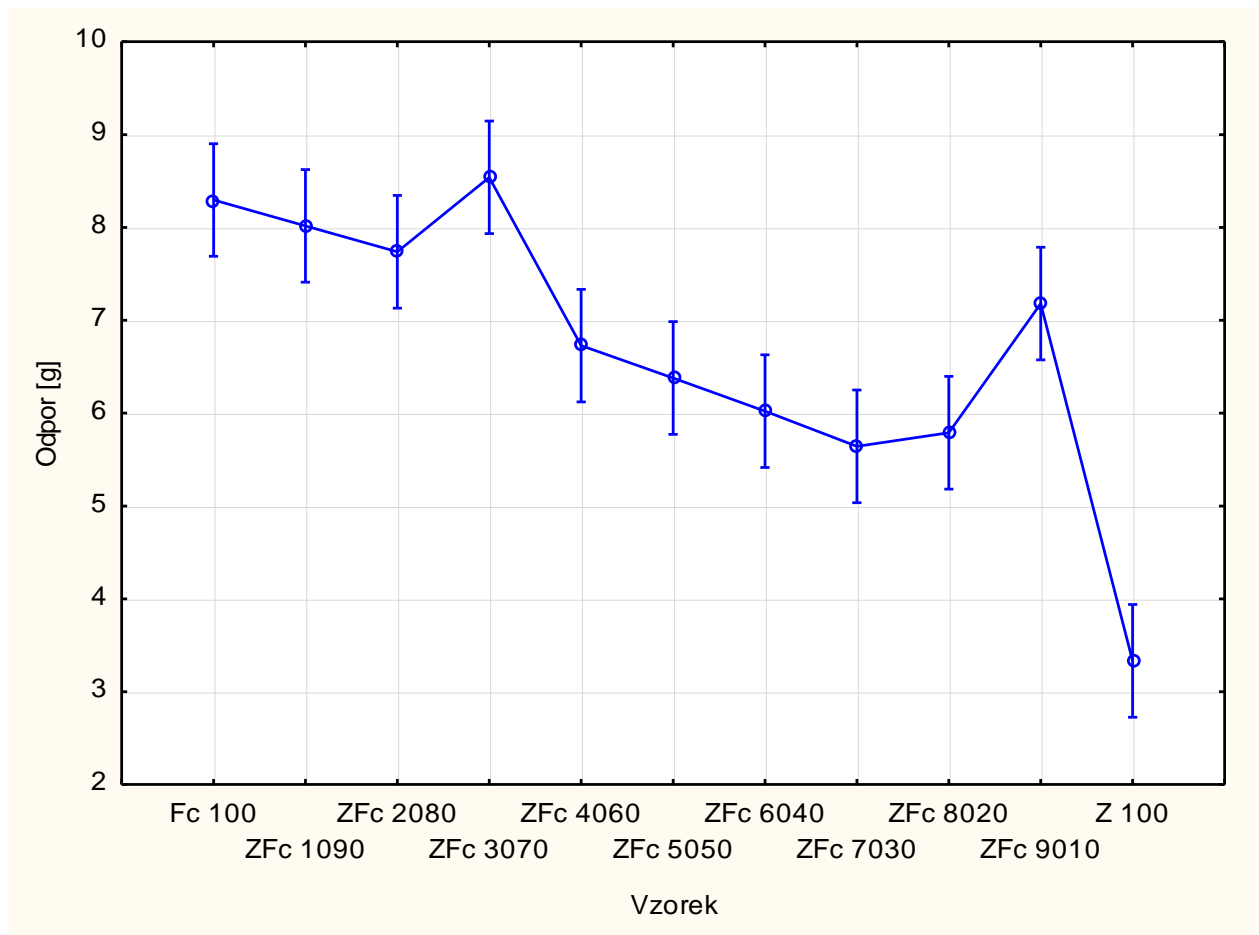
Extenzografická energie charakterizuje vnitřní energii těsta, která ovlivňuje vlastnosti a stav těsta. Může být měřítkem pro pekařskou zpracovatelnost těsta. [74] Při porovnání kontrolního vzorku Z 100 (9,9 mm²) se statisticky lišily vzorky ZFc 9010, ZFc 7030, ZFc 6040, ZFc 5050, ZFc 4060, ZFc 3070, ZFc 2080 a ZFc 1090. Hodnota extenzografické energie u kontrolního vzorku Fc byla 49,1 mm². Statisticky významné rozdíly byly zjištěny u vzorků ZFc 2080 (36,1 mm²), ZFc 3070 (36,0 mm²), ZFc 4060 (30,9 mm²), ZFc 5050 (34,3 mm²), ZFc 6040 (22,9 mm²), ZFc 7030 (23,9 mm²), ZFc 8020 (19,5 mm²) a ZFc 9010 (22,9 mm²). Se zvyšujícím se přidavkem kukuřičné mouky extenzografická energie klesala a největší statistický rozdíl od hodnoty kontrolního vzorku byl zaznamenán u vzorku ZFc 8020. Obecně lze pozorovat klesající trend extenzografické energie s vyšším přidavkem kukuřičné mouky ve směsi. Hodnoty jsou uvedeny v grafu 2.

Graf 2 Extenzografická energie směsi ZFc



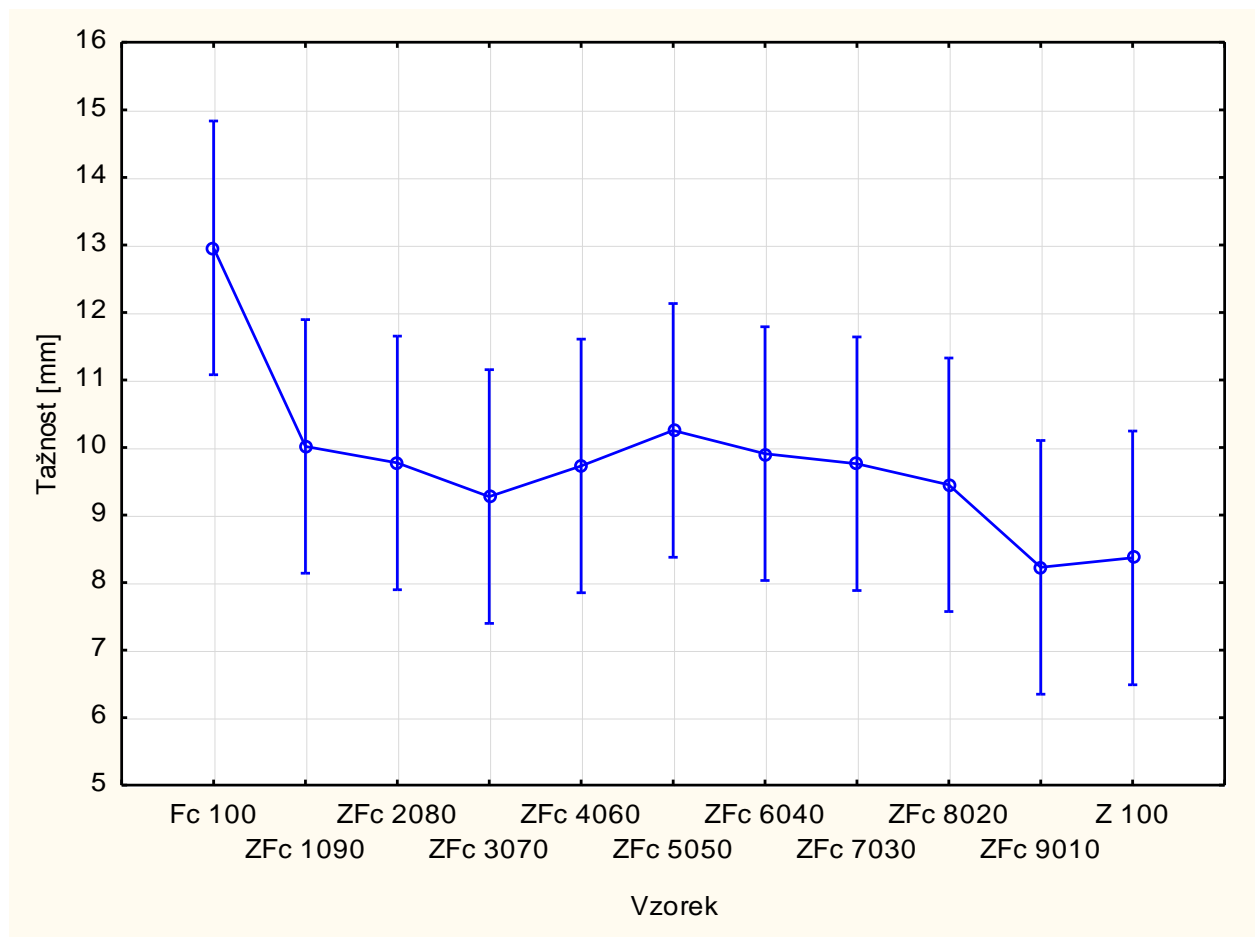
Odpor udává sílu těsta. Čím vyšší odpor, tím tužší těsto a tím je vzniklé těsto odolnější a pevnější. [74] Při srovnání hodnot extenzografického odporu (Graf 3) se dá říci, že hodnoty u vzorků s vyšším přídatkem kukuřičné mouky klesaly. Nejmenší hodnota byla naměřena u vzorku z kukuřičné mouky, lze pozorovat, že s přidáním celozrnné pohankové mouky se extenzografický odpor vzorků zlepšuje. Statistický významný rozdíl při srovnání kontrolního vzorku Fc (8,3 g) byl zaznamenán u ZFc 4060 (6,8 g), ZFc 5050 (6,4 g), ZFc 6040 (6,0 g), ZFc 7030 (5,6 g) a ZFc 9010 (7,2 g). Od druhého kontrolního vzorku Z 100 se statisticky významně lišily všechny zbývající vzorky směsi.

Graf 3 Extenzografický odpor směsi ZFc



Extenzografická tažnost značí vlastnost těsta jevící se v tom, že nastane změna tvaru důsledkem jiného působení. V našem případě působení jehly texturometru TA.XT Plus. Čím vyšší tažnost, tím je těsto povolnější a tažnější. [74] Hodnota kontrolního vzorku Z 100 byla 8,4 mm a žádný jiný vzorek nebyl od tohoto vzorku statisticky rozdílný. Co se týká druhého kontrolního vzorku Fc 100 (12,9 mm), lišil se statisticky významně od všech ostatních vzorků ze směsi. Z grafu lze pozorovat, že pohanková mouka celozrnná měla významně lepší extenzografickou tažnost než čistá kukuřičná mouka. Dále je vidět, že s přidavkem celozrnné pohankové mouky vzrostla extenzografická tažnost až do poměru 50 % kukuřičné a 50 % celozrnné pohankové mouky. Hodnoty extenzografické tažnosti jsou zobrazeny v grafu 4.

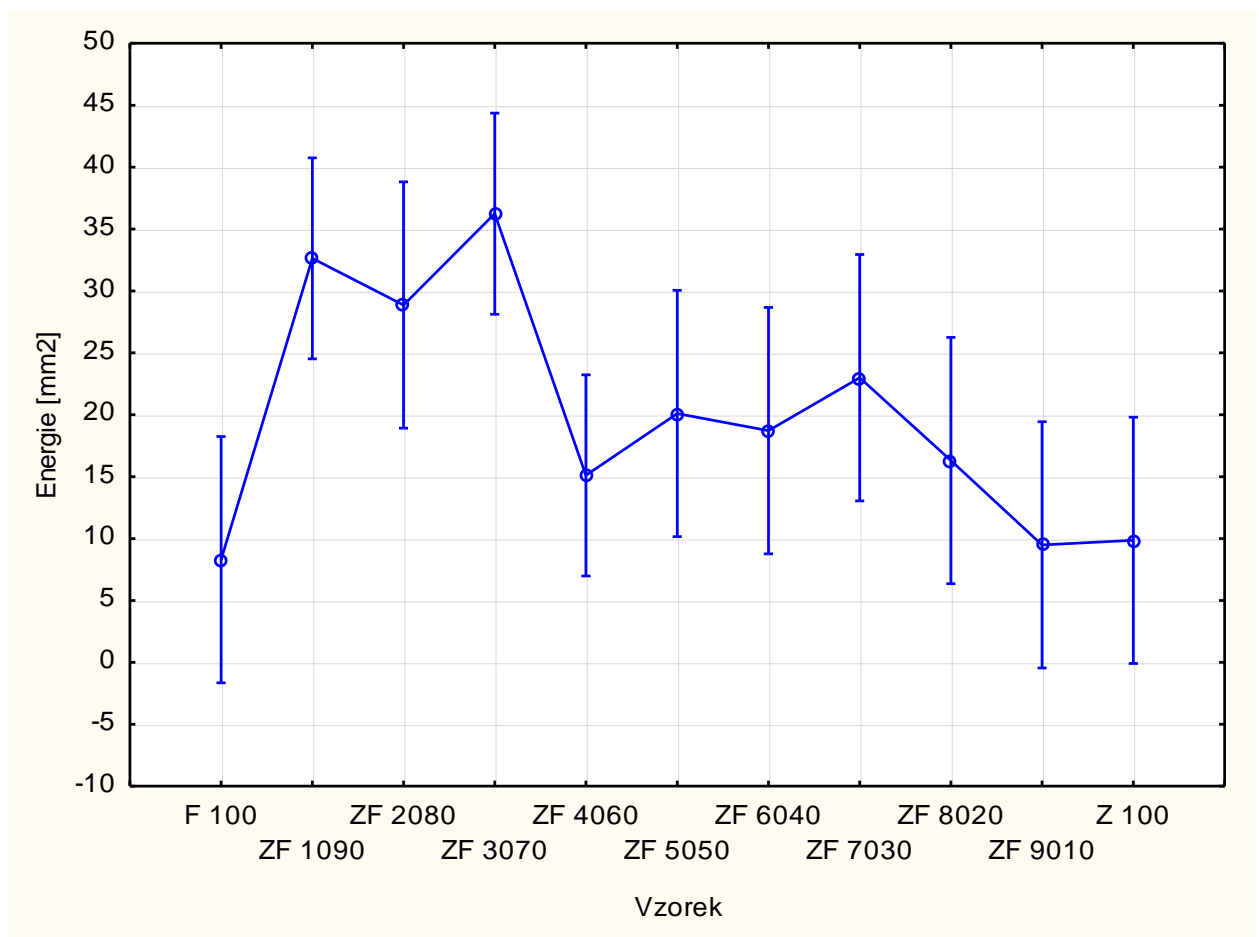
Graf 4 Extenzografická tažnost směsi ZFc



9.1.2 Směs kukuřičné a jemně mleté pohankové mouky (ZF)

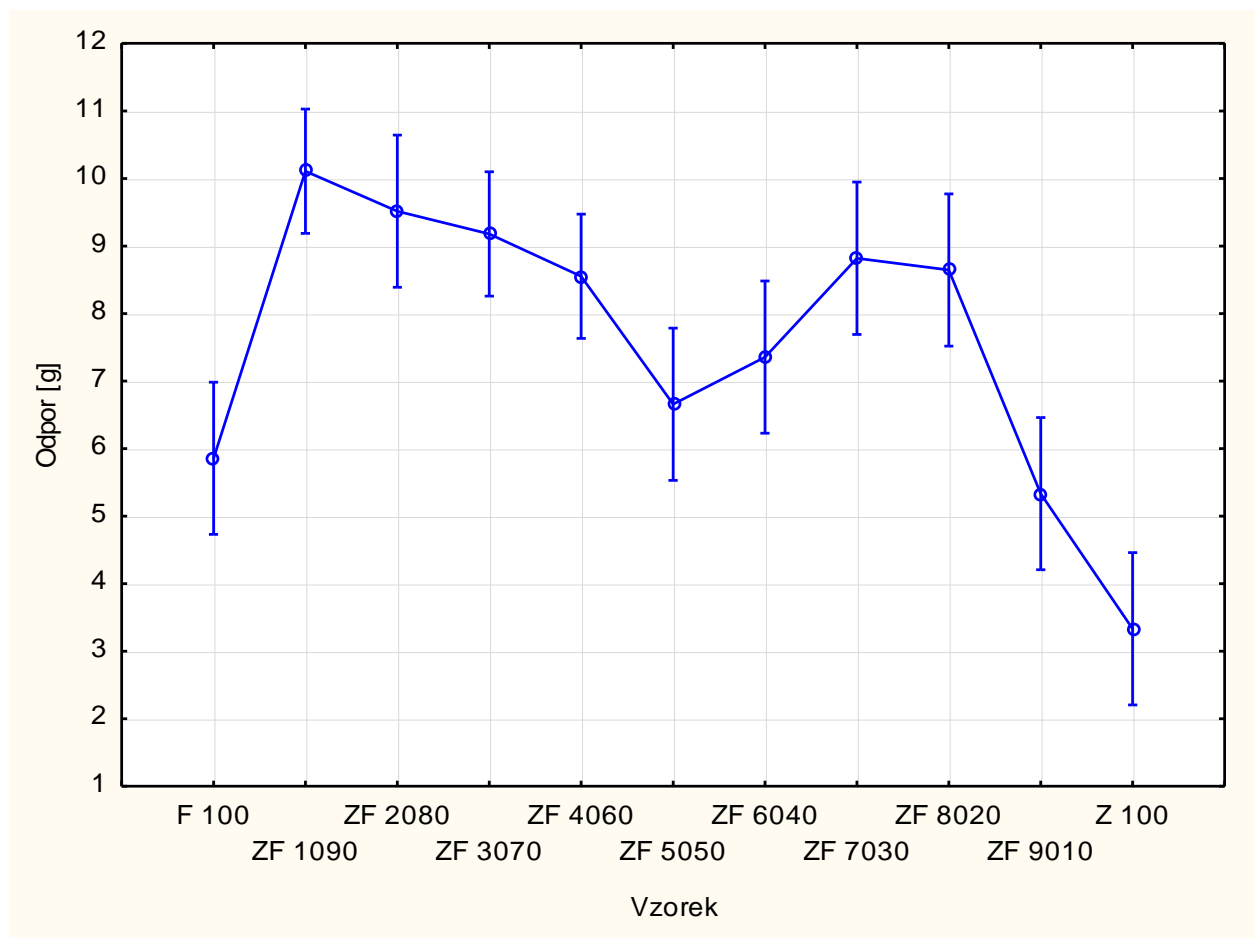
Z grafu 5 lze konstatovat, že kontrolní vzorek F 100 ($8,3 \text{ mm}^2$) byl statisticky rozdílný od vzorků ZF 1090 ($32,6 \text{ mm}^2$), ZF 2080 ($28,9 \text{ mm}^2$), ZF 3070 ($36,2 \text{ mm}^2$) a ZF 7030 ($22,9 \text{ mm}^2$). Hodnota kontrolního vzorku Z 100 ($8,3 \text{ mm}^2$) byla stejná jako hodnota kontrolního vzorku pohankové mouky jemně mleté. Je tedy zřejmé, že kontrolní vzorek Z 100 se statisticky významně lišil od stejných vzorků jako kontrolní vzorek F 100. Extenzografická energie byla tedy u kukuřičné a pohankové mouky jemně mleté stejná. Nárůst extenzografické energie byl zaznamenán do poměru 40 % kukuřičné mouky a 60 % pohankové mouky jemně mleté, lze tedy usoudit, že poměry 1090, 2080 a 3070 jsou pro pekárenské zpracování nejvhodnější.

Graf 5 Extenzografická energie směsi ZF



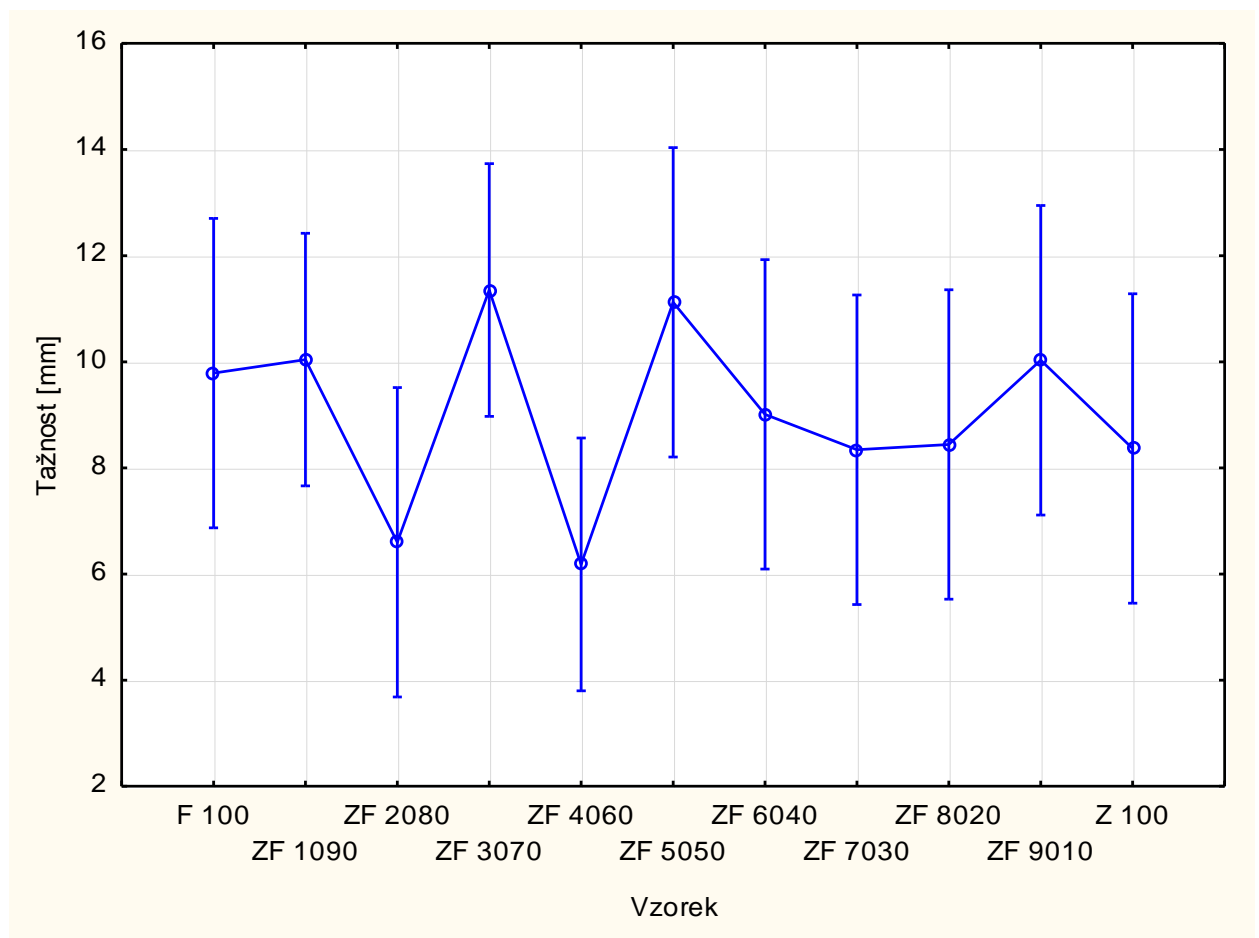
Hodnota extenzografického odporu (Graf 6) kontrolního vzorku F 100 byla 5,9 g a kontrolního vzorku Z 100 3,3 g. Hodnoty vzorků ZF 8020 (8,6 g), ZF 7030 (8,8 g), ZF 4060 (8,6 g), ZF 3070 (9,2 g), ZF 2080 (9,5 g), a ZF 1090 (10,1 g) byly staticky významně rozdílné od kontrolního vzorku F 100. Od vzorku kukuřičné mouky (Z 100) se statisticky významně lišily všechny vzorky – ZF 1090 (10,1 g), ZF 2080 (9,5 g), ZF 3070 (9,2 g), ZF 4060 (8,6 g), ZF 5050(6,7 g), ZF 6040 (7,4 g), ZF 7030 (8,8 g), ZF 8020 (8,6 g), ZF 9010 (5,3 g).

Graf 6 Extenzografický odpor směsi ZF



Graf 7 zobrazuje hodnoty extenzografické tažnosti směsi ZF. Z grafu je patrné, že kontrolní vzorek pohankové mouky jemně mleté (F 100) měl vyšší hodnotu než vzorek kukuřičné mouky (Z 100), z čehož vyplývá, že pohanková mouka měla o něco lepší tažnost než kukuřičná mouka. Při srovnání kontrolních vzorků s ostatními vzorky nebyl žádný vzorek vyhodnocen jako statisticky významně rozdílný. Jen hodnoty vzorků ZF 2080 (6,6 mm), ZF 3070 (11,4 mm), ZF 4060 (6,2 mm) a ZF 5050 (11,1 mm) značně klesaly a stoupaly, ale nebyly vyhodnoceny jako statisticky rozdílné.

Graf 7 Extenzografická tažnost směsi ZF



9.2 Extenzografické vlastnosti vzorků s přidavkem hydrokoloidů

Hodnoty extenzografických parametrů vzorků (energie, odpor a tažnost) s přidavkem hydrokoloidů jsou zobrazeny v grafech 8, 9 a 10 a jsou vyhodnoceny dvoufaktorovou analýzou variance. Jako kontrolní vzorky byly zvoleny mouky bez přidavku hydrokoloidů (Z, F, Fc). Zkratky uvedené v textu např.: Z xg 0,1 značí vzorek kukuřičné mouky s přidavkem xantanové gumy v koncentraci 0,1 % nebo např.: F alg 0,5 značí vzorek pohankové mouky jemně mleté s přidavkem alginátu sodného v koncentraci 0,5 %. Tabulka homogenních skupin vzorků s přidavkem hydrokoloidů je uvedena v příloze III.

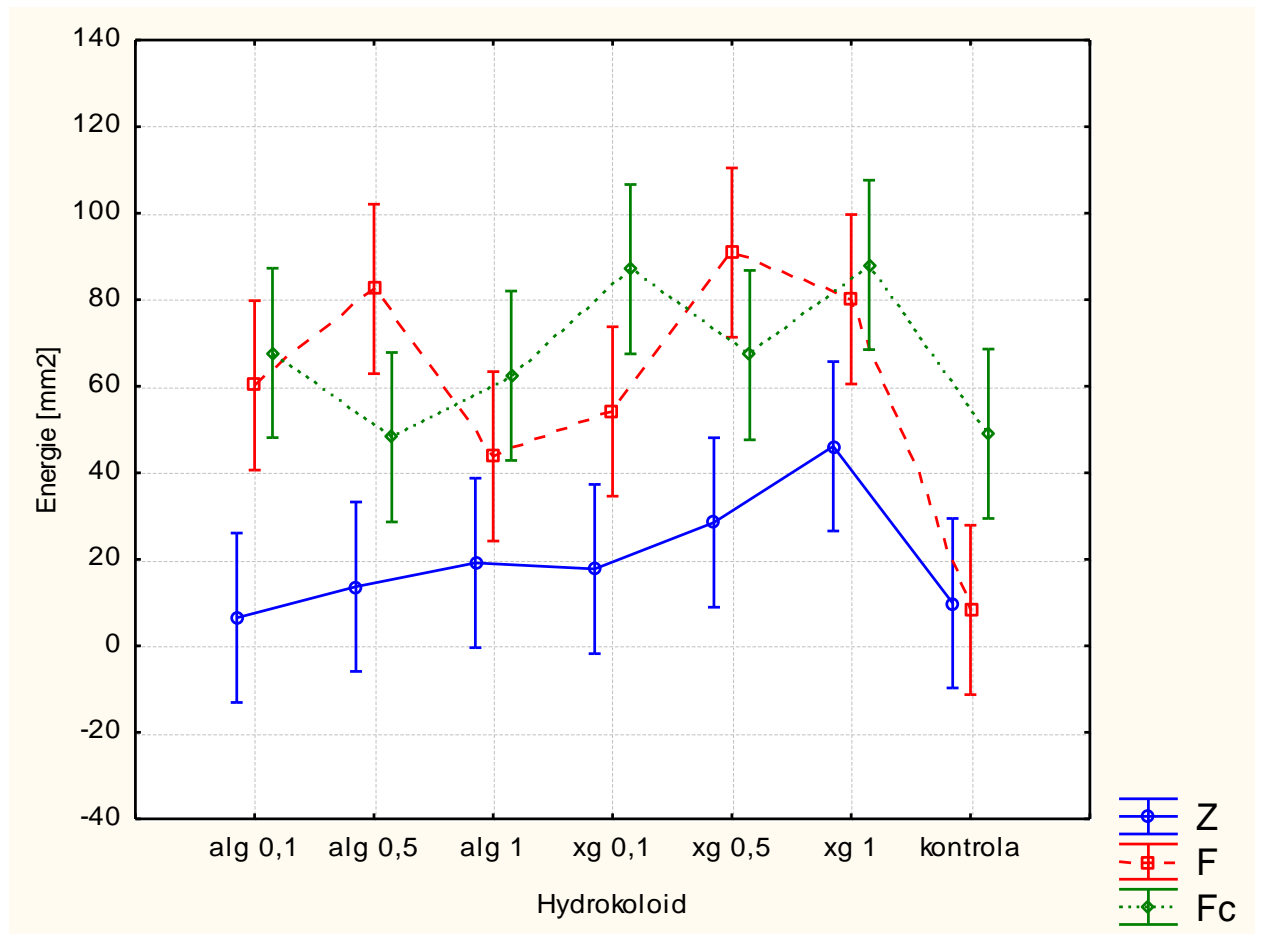
Hodnoty extenzografické energie vzorků po přidavku hydrokoloidů jsou zobrazeny v grafu 8, kde nejnižší hodnota extenzografické energie byla naměřena u kontrolního vzorku pohankové mouky jemně mleté (F – 8,3 mm²). Co se týká vzorků s přidavkem hydrokoloidů, statisticky významný rozdíl byl zjištěn u všech vzorků s přidavkem jak alginátu sodného, tak xantanové gumy ve všech koncentracích ve srovnání s kontrolou (F). U této mouky měl přídavek xantanové gumy lepší vliv na extenzografickou energii než přídavek alginátu. Nejlépe byla vyhodnocena xantanová guma v koncentraci 0,5 %. Dalo by se očekávat, že nejlepší vliv bude mít přídavek hydrokoloidů při koncentraci 1 %, ale z grafu je patrné, že tomu tak není. Hodnoty při koncentraci 1 % u obou hydrokoloidů klesly, což pro praktické využití znamená, že přídavek 0,5 % těchto hydrokoloidů má dostačující vliv na zlepšení kvality extenzografických parametrů mouky.

Kontrolní vzorek kukuřičné mouky (Z – 9,9 mm²) byl statisticky významně rozdílný pouze ve srovnání se vzorky s přidavkem xantanové gumy v koncentraci 1 %, kdy byla naměřena hodnota extenzografické energie 46,1 mm². Tento parametr se zvyšoval se zvyšující koncentrací obou použitých hydrokoloidů a nejvyšší hodnota byla zaznamenána vždy u koncentrace 1 %. Dá se říci, že lepší vliv na extenzografickou energii měl přídavek xantanové gumy. Při srovnání je z grafu patrné, že přídavek alginátu sodného v koncentraci 1 % měl stejný vliv na kukuřičnou mouku jako přídavek xantanové gumy v koncentraci 0,1 %.

Hodnota extenzografické energie pohankové mouky celozrnné (Fc) byla ve srovnání s ostatními kontrolními vzorky bez přidavku hydrokoloidů (Z a F) nejvyšší, a to 49,0 mm². Statisticky významně rozdílné od kontroly byly vzorky s přidavkem xantanové gumy v koncentraci 0,1 % (87,1 mm²) a 1 % (88,1 mm²). U kontrolního vzorku Fc byl

zaznamenán lepší vliv na extenzografickou energii po přidavku xantanové gumy. Koncentrace 0,1 a 1 % u obou hydrokoloidů měly stejný vliv na extenzografickou energii.

Graf 8 Extenzografická energie vzorků s přidavkem hydrokoloidů

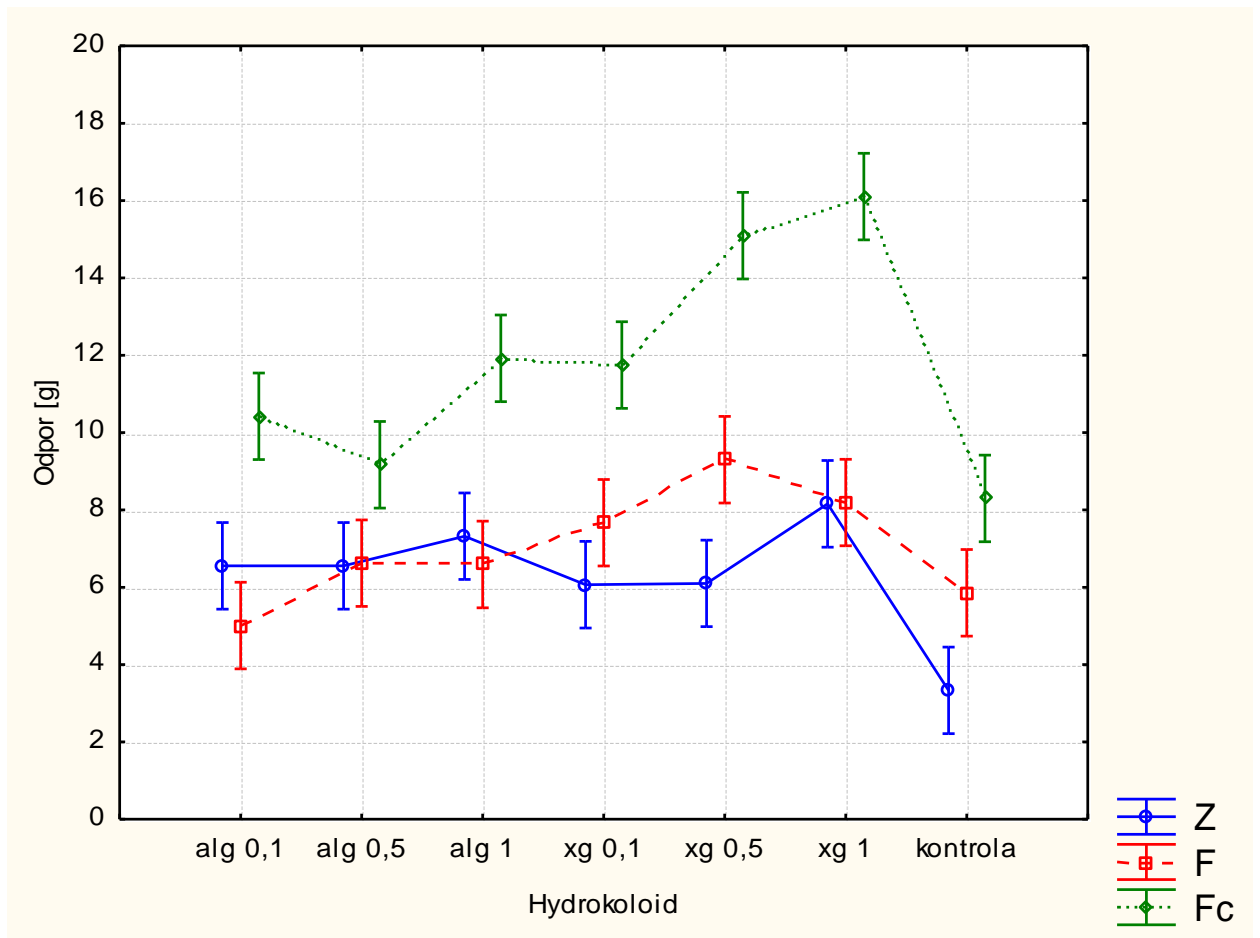


Z grafu 9 lze konstatovat, že u pohankové mouky celozrnné (Fc) byla ve srovnání s ostatními kontrolními vzorky naměřena nejvyšší hodnota (8,3 g) extenzografického odporu. Statisticky významný rozdíl ve srovnání s kontrolním vzorkem (Fc) byl zaznamenán u přídavku alginátu sodného ve všech koncentracích a u vzorků s přídavkem xantanové gumy v koncentraci 0,1; 0,5 a 1 %. Přídavek xantanové gumy ke vzorku celozrnné pohankové mouky měl lepší vliv na extenzografický odpor než přídavek alginátu sodného a nejlépe byl hodnocen přídavek xantanové gumy v koncentraci 1 %. Při porovnání xantanové gumy v koncentraci 0,1 % a alginátu sodného v koncentraci 1 % byla hodnota téměř shodná, z čehož plyne, že mají shodný účinek na extenzografický odpor pohankové mouky celozrnné. Účinek přídavku alginátu v koncentraci 0,5 % byl vyhodnocen jako nejnižší.

Kontrolní vzorek kukuřičné mouky (Z) měl, jako u předchozího extenzografického parametru (energie), nejnižší hodnotu (3,3 g). Při srovnání byl kontrolní vzorek Z statisticky významně rozdílný od všech ostatních vzorků – kukuřičné mouky s přídavkem hydrokoloidů – Z alg 0,1 (6,6 g), Z alg 0,5 (6,6 g), Z alg 1 (6,6 g), Z xg 0,1 (6,1 g), Z xg 0,5 (6,1 g) a Z xg 1 (8,2 g). Přídavek alginátu sodného v koncentraci 0,1; 0,5 a 1 % měl lepší vliv na extenzografický odpor kukuřičné mouky než přídavek xantanové gumy v koncentraci 0,1 a 0,5 %. Zcela nejlépe byl vyhodnocen přídavek xantanové gumy v koncentraci 1 %.

Hodnota extenzografického odporu pohankové mouky jemně mleté (F) byla 5,9 g. Vzorky s přídavkem alginátu sodného nebyly statisticky významně rozdílné v porovnání s kontrolním vzorkem F, ovšem vzorky s přídavkem xantanové gumy – F xg 0,1 (7,7 g), F xg 0,5 (9,3 g) a F xg 1 (8,2 g) byly statisticky rozdílné. Přídavek alginátu sodného ke kontrolnímu vzorku F měl nižší vliv než přídavek xantanové gumy. Nejvyšší hodnota byla naměřena u přídavku xantanové gumy v koncentraci 0,5 % a u přídavku alginátu sodného byly ve shodě koncentrace 0,5 a 1 %. Přídavek alginátu sodného v koncentraci 0,1 % způsobil dokonce snížení extenzografického odporu ve srovnání s kontrolním vzorkem.

Graf 9 Extenzografický odpor vzorků s přidavkem hydrokoloidů

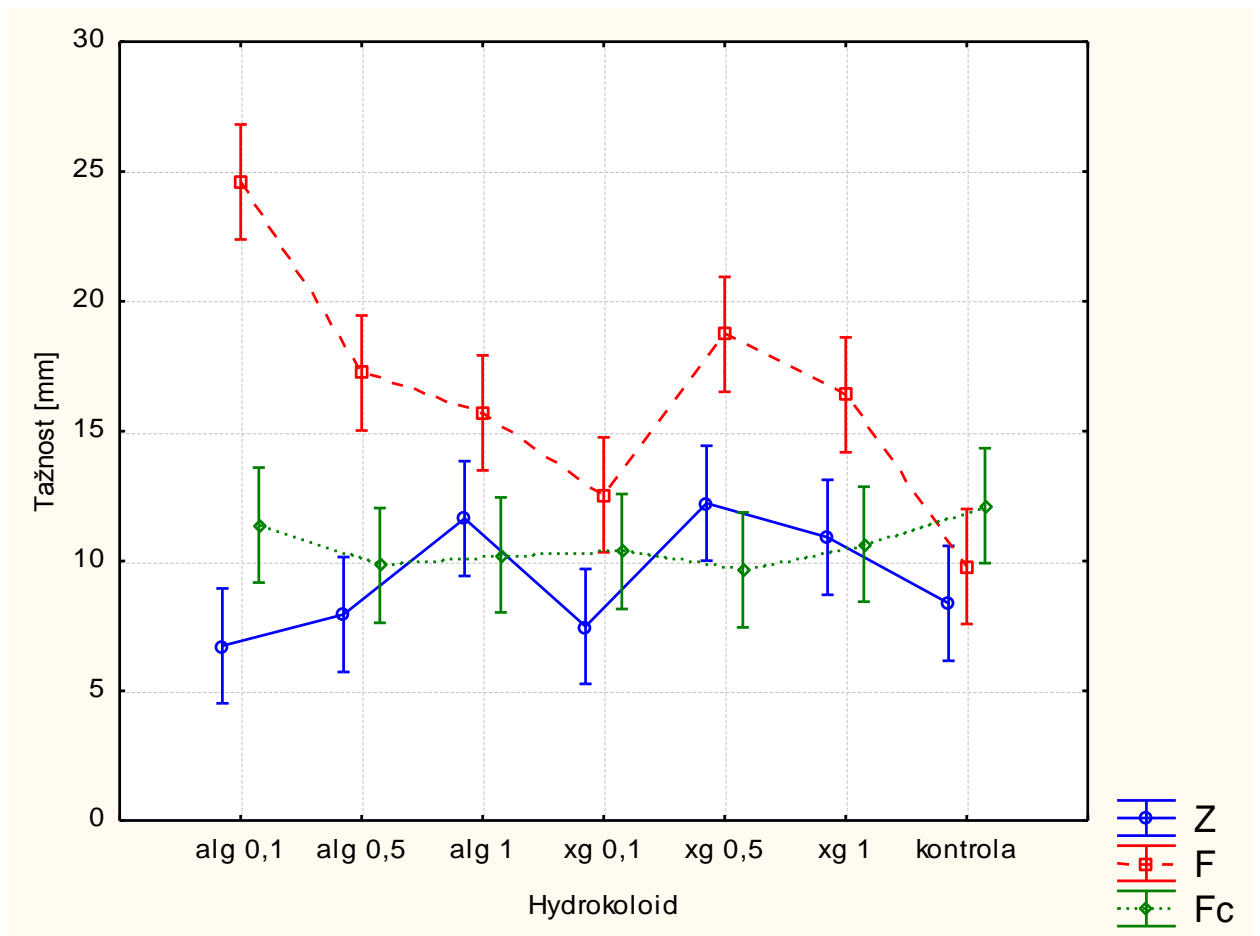


Nejnižší hodnota extenzografické tažnosti (graf 10) byla naměřena u kontrolního vzorku kukuřičné mouky Z (8,4 mm). Statisticky významný rozdíl mezi kontrolou a vzorky s přidavkem hydrokolidů byl zaznamenán pouze u jednoho vzorku, a to s přidavkem xantanové gumy v koncentraci 0,5 %. Přídavek alginátu sodného v koncentraci 0,1 % (7,6 mm) neměl pozitivní vliv, hodnota byla dokonce nižší než extenzografická tažnost kontrolního vzorku Z (8,4 mm). Největší vliv měl přídavek alginátu sodného o koncentraci 1 %. Koncentrace xantanové gumy v množství 0,5 % na hmotnost mouky způsobila největší zlepšení tažnosti, naopak přídavek 0,1 % způsobil zhoršení ve srovnání s kontrolním vzorkem.

Pohanková mouka jemně mletá bez přidavku hydrokolidů (kontrola) dosáhla hodnoty 9,8 mm. Vzorky pohankové mouky jemně mleté s přidavkem alginátu sodného v koncentraci 0,1 % (24,6 mm), 0,5 % (17,2 mm), 1 % (15,7 mm) a s přidavkem xantanové gumy v koncentraci 0,5 % (18,7 mm) a 1 % (16,4 mm) byly statisticky významně rozdílné od kontrolního vzorku. Vzorek F xg 0,1 (12,5 mm) jako jediný nebyl vyhodnocen jako statistický rozdílný. Z grafu je patrné, že nejlepší extenzografická tažnost byla zaznamenána u vzorku s přidavkem alginátu sodného v koncentraci 0,1 %. Po přidání vyšších koncentrací alginátu sodného se hodnota tažnosti snížila. Xantanová guma zvýšila hodnotu tažnosti oproti kontrolnímu vzorku a nejlepší vliv na vzorek pohankové mouky jemně mleté měla koncentrace 0,5 %. Při koncentraci 1 % se hodnota extenzografické tažnosti snížila, ale byla vyšší než u koncentrace 0,1 %. Hodnoty po přidavku koncentrací 0,1 % alginátu sodného a xantanové gumy jsou zcela rozdílné, dá se tedy říci, že byl lépe hodnocen přídavek alginátu sodného.

Hodnota extenzografické tažnosti vzorku celozrnné mouky (Fc) byla 12,4 mm a u žádného jiného vzorku s přidavkem alginátu sodného (Fc alg 0,1; Fc alg 0,5; Fc alg 1) a xantanové gumy (Fc xg 0,1; Fc xg 0,5; Fc xg 1) nebyl zaznamenán statistický rozdíl. Přídavek hydrokolidů u vzorků pohankové mouky celozrnné tedy neměl výrazný vliv na extenzografickou tažnost. Nejvyšších hodnot bylo dosaženo po přidavku alginátu sodného v koncentraci 0,1 % (11,4 mm), který měl téměř stejnou hodnotu jako kontrolní vzorek Fc bez hydrokoloidu (12,1 mm).

Graf 10 Extenzografická tažnost vzorků s přidavkem hydrokoloidů



10 DISKUZE

Kukuřice stejně jako pohanka jsou vhodné suroviny pro výrobu potravin určených pro bezlepkovou dietu [75]. Bezlepková dieta je základem léčby onemocnění celiakie [33]. Osoby trpící tímto onemocněním by měly úplně vyřadit všechny druhy potravin, které obsahují lepek [76]. Mnohé potraviny jsou přirozeně bezlepkové, jako např. mléko, máslo, ovoce a zelenina, čerstvé maso, ryby, drůbež, vejce, kukuřice, pohanka, brambory, rýže aj. Lepek je převážně přítomný v pečivu, těstovinách, ale překvapivě se nachází v koření, omáčky, marinády, sójová omáčka, polévky, salátové dresinky apod. [1].

López [76] uvádí, že řešení problému se stravou celiaků není jednoduché, jelikož nejběžnější pečené výrobky (chleba, koláče, sušenky, pizzy) jsou obvykle připraveny s pšeničnou moukou a jsou spotřebovány každodenně. Existují ovšem alternativní plodiny jako je kukuřice, pohanka, rýže, brambory aj., které by mohly pšeničnou mouku nahradit. Tyto výrobky však nedosahují kvality pšeničných výrobků, pečivo má nízký měrný objem, vyšší drobivost a trpí rychlejším vysycháním výrobku, což způsobuje rychlejší tvrdnutí pečiva [75], a proto jsou prováděny výzkumy pro zlepšení vlastností bezlepkových výrobků. Tyto výzkumy prokázaly, že pečivo pečené s přídavkem kukuřičné mouky mělo lepší vzhled (ve srovnání s pečivem obsahující rýžovou mouku) a odpovídající objem s mírně křehkou kůrkou. Ovšem střídka pečiva byla charakteristická tvorbou větších pórů [76].

Dá se říci, že kontrolní vzorek Fc 100 měl u všech třech extenzografických parametrů (energie, odpor, tažnost) vyšší hodnoty než kontrolní vzorek Z 100. Hodnoty vždy postupně klesaly s vyšším přídavkem kukuřičné mouky. Z toho lze vyvodit, že pohanková mouka celozrnná má lepší extenzografické vlastnosti než kukuřičná mouka. V praxi by se mohlo uplatnit míchání těchto dvou typů mouk, čímž by se docílilo zvýšení kvality kukuřičné mouky pro výrobu bezlepkového pečiva. Některé studie ukázaly, že přídavek kukuřičné a pohankové mouky ve směsi měl pozitivní vliv na texturní parametry u výrobků určené pro celiaky [77].

Při vyhodnocení výsledků směsi ZF lze konstatovat, že oba kontrolní vzorky – Z 100 ($8,3 \text{ mm}^2$) a F 100 ($8,3 \text{ mm}^2$) dosáhly stejných hodnot u extenzografické energie. Pouze při míchání vzorků se hodnota energie zvyšovala. U extenzografického odporu byl lépe hodnocen kontrolní vzorek F 100 (5,9 g), přičemž hodnota Z 100 byla nižší (3,3 g). Opět

se hodnoty odporu zvyšovaly při vzájemném míchání kukuřičné a pohankové mouky jemně mleté, což jen potvrzuje optimální míchání obou typů mouk. Pohanková mouka jemně mletá, stejně jako u odporu, dosáhla vyšší hodnoty (9,8 mm) než kukuřičná mouka (8,4 mm). V tomto případě míchání vzorků nemá zásadní vliv na zvýšení tažnosti těsta.

Ze zjištěných výsledků se dá vypovědět, že pohanková mouka celozrnná (Fc) byla hodnocena nejlépe u všech extenzografických parametrů a dosáhla nejvyšších hodnot. Wronkowska [78] uvádí vyšší obsah živin a prvků u bezlepkového pečiva s pohankovou moukou. Vyznačuje se příznivým složením aminokyselin, nenasycených mastných kyselin, vlákniny, minerálních látek, vitaminů. Ve srovnání s ostatními obilovinami má pohanka vyšší antioxidační aktivitu a to především z důvodu vysokého obsahu rutinu. Díky svému složení je bohatým zdrojem živin bezlepkových výrobků. Nutriční výhody byly zdůrazněny nejen pro celiaky, ale i pro obecnou populaci [79]. Autoři výzkumu [79] potvrdili významně vyšší antioxidační kapacitu u bezlepkového pečiva připravovaného z pseudocereálií. Zlepšení nutriční kvality bezlepkových výrobků je nezbytné, protože v současné době se výrobky pro celiaky nabízené na trhu vyznačují nízkou nutriční kvalitou [79].

Hodnoty extenzografických parametrů zaznamenané u pohankové mouky jemně mleté (F) nedosáhly takových výsledků jako u celozrnné (Fc), ale pořád byla lépe hodnocena než kukuřičná mouka (Z). Dá se říci, že přídavek kukuřičné mouky k pohankové mouce jemně mleté příznivě ovlivnil extenzografické parametry a zvýšil hodnoty zaznamenané v grafech (5, 6). To ovšem neplatí při přidavku kukuřičné mouky k pohankové mouce celozrnné, kde byl zaznamenán klesající trend hodnot.

V posledních letech s nárůstem počtu onemocnění se zvyšuje i nabídka bezlepkových výrobků na trhu. Dostupnost těchto potravin zvyšuje pacientovy volby potravin. [1]. Je tedy snahou zvýšit kvalitu těchto potravin. Použití kukuřičné, pohankové jemně mleté a celozrnné mouky je vhodné pro přípravu bezlepkových výrobků. Míchání jednotlivých mouk má pozitivní vliv pro získání optimálních parametrů a zvýšení kvality např. kukuřičné mouky. Testy prokázaly, že pohanková mouka celozrnná dosáhla nejlepšího hodnocení a je vhodnou surovinou pro přípravu bezlepkového pečiva z hlediska technologického i nutričního.

Pro zlepšení zpracovatelnosti bezlepkových těst a kvality bezlepkových výrobků jsou k surovinám přidávány různé druhy přídatných látek, zejména hydrokoloidy. Cílem hydrokolidů je napodobit viskoelastické vlastnosti lepku [80], zlepšit strukturu a trvanlivost výrobků tím, že zadrží vlhkost a zpomalí retrogradaci škrobu [2], [4], [65] a [81]. Autorovy [4] výsledky ukazují, že kvalitu pohankové a rýžové mouky lze úspěšně zlepšit přidáním hydrokoloidů. Nicméně druh a obsah hydrokoloidu jsou klíčovými prvky.

Změny extenzografických vlastností u jednotlivých vzorků s přidavkem hydrokoloidů závisí na typu hydrokoloidu. [81] Výsledky prokázaly, že hodnoty extenzografické energie po přidavku hydrokoloidu (xantanové gummy v koncentraci 1 %) nejvíce vzrostly u pohankové mouky jemně mleté. Při srovnání hydrokoloidů u extenzografické energie byla lépe vyhodnocena xantanová guma než alginát sodný [4] a [81].

Při hodnocení extenzografického odporu byly nejlepší hodnoty zaznamenány u pohankové mouky celozrnné s přidavkem xantanové gummy. Extenzografický odpor se u vzorku s přidavkem 1 % xantanové gummy zvýšil dvojnásobně ve srovnání s kontrolním vzorkem. [81] stejně jako u vzorku celozrnné pohankové mouky, tak i u vzorku pohankové mouky jemně mleté, způsobil přidavek xantanové gummy viditelnější zlepšení než přidavek alginátu sodného, avšak koncentrace hydrokoloidů nebyla stejná. U pohankové mouky celozrnné byla nejvíce pozitivní koncentrace 1 %, u pohankové mouky jemně mleté byly zaznamenány vyšší hodnoty při použití 0,5 % xantanové gummy. Lepší vliv hydrokoloidu na kukuřičnou mouku u extenzografického odporu měla xantanová guma v koncentraci 1 % než přidavek alginátu sodného.

Hydrokoloidy jsou známy jako látky, které dokážou zlepšit tažnost těsta, včetně bezlepkového [82] a [65]. Statisticky nejlepší výsledek a největší zlepšení tažnosti bylo zaznamenáno u pohankové mouky jemně mleté s přidavkem alginátu sodného v koncentraci 0,1 % (24,6 mm). V případě celozrnné pohankové mouky nebyly nalezeny žádné statisticky významné rozdíly mezi kontrolním vzorkem a vzorky s přidavkem hydrokoloidů. Jediný zajímavý výsledek byl zjištěn u vzorku s přidavkem alginátu sodného v nejnižší koncentraci (11,4 mm), který se přiblížil hodnotě kontrolního vzorku (12,1 mm). Největší zlepšení extenzografické tažnosti kukuřičné mouky bylo naměřeno u vzorku s přidavkem alginátu sodného v nejvyšší koncentraci (11,6 mm) a xantanové gummy v koncentraci 0,5 %.

Z výsledků lze zhodnotit, že ve většině případů měl největší vliv na extenzografické vlastnosti použitých mouk přídavek xantanové gumy v koncentraci 1 %. Koncentrace 1 % příznivě ovlivnila převážně pohankovou mouku celozrnnou, ale u parametru tažnosti hodnoty klesaly i po přidavku hydrokoloidu. Přídavek xantanové gumy o koncentraci 0,5 % měl zásadní vliv na zlepšení extenzografických parametrů (energie, odpor) u pohankové mouky jemně mleté. Přídavek alginátu sodného nemá takový vliv jako přídavek xantanové gumy, ale v jednom případě prudce zvýšil hodnotu tažnosti, a to u pohankové mouky jemně mleté při koncentraci 0,1 %. Při porovnání použitých hydrokoloidů, se dá říci, že přídavek xantanové gumy měl větší vliv na extenzografické vlastnosti bezlepkových těst. Stejně výsledky potvrdili [4] a [81].

Výsledky potvrdily, že přídavek xantanové gumy pozitivně ovlivnil extenzografický odpor a energii. V porovnání byla lépe hodnocena xantanová guma oproti alginátu. Pouze při hodnocení extenzografické tažnosti měl lepší vliv přídavek alginátu sodného. Souhrnně se dá říci, že xantanová guma bude více ovlivňovat extenzografické vlastnosti, což je v souladu s [81]. Autoři [4] a [81] poukazují na zlepšení kvality bezlepkového pečiva po přidání hydrokoloidů. Z výsledků je patrná i možnost míchání hydrokoloidů pro optimalizaci extenzografických vlastností bezlepkových těst.

ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo ověřit předpoklad, že přidavek hydrokoloidů a míchání jednotlivých typů mouky může zlepšit extenzografické vlastnosti bezlepkových těst.

Teoretická část byla zaměřena na charakteristiku kukuřice a pohanky. Pozornost byla také věnována onemocnění celiakie, chemickému složení kukuřičné a pohankové mouky. Poslední část se zabývala popisem reologických vlastností a hydrokoloidů, které byly během měření použity.

V praktické části byla provedena extenzografická měření na přístroji Texture Analyser TA.XT Plus, který byl vybaven SMS/Kiefferovou soupravou. Získané výsledky bezlepkových těst připravených ze směsí mouky a mouky s přidavkem hydrokoloidů (xantanové gumy a alginátu sodného) byly vyhodnoceny metodou jedno a dvou faktorové analýzy variance.

Bezlepkové pečivo se vyznačuje zhoršenou kvalitou oproti pšeničnému pečivu, což se v posledních letech řeší přidavkem hydrokoloidů. Bylo zjištěno, že přidavek xantanové gumy zlepšil extenzografické vlastnosti těsta, je tudíž možné předpokládat i zlepšení kvality pečárenských výrobků, zejména jeho struktury a trvanlivosti. Xantanová guma způsobila výrazné zvýšení extenzografické energie a odporu, ale negativně ovlivnila extenzografickou tažnost, kde hodnoty po přidavku xantanové gumy klesly.

Diplomová práce prokázala, že nejlepších extenzografických výsledků docílila pohanková mouka celozrná. Dosáhla nejvyšších hodnot u všech extenzografických parametrů – energie, odpor, tažnost a patří mezi vhodnější suroviny pro výrobu bezlepkového pečiva z hlediska technologického i nutričního. Pohanková mouka celozrná vykazala lepší extenzografické vlastnosti než kukuřičná a pohanková mouka jemně mletá. Použití hydrokoloidů, především xantanové gumy, má zásadní vliv na kvalitu bezlepkových těst. Míchání jednotlivých druhů mouky a přidavek hydrokoloidů je prakticky využitelný při průmyslové výrobě bezlepkového pečiva.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] NIEWINSKI, M. M. *Advances in Celiac Disease and Gluten-Free Diet*. The American Dietetic Association. Chicago. 2008, vol. 108. s. 661-672.
- [2] LAZARIDOU, A., DUTA, D., PAPAGEORGIOU, M., BELC, C., BILIADERIS, G. *Effects of hydrocolloids on dough rheology and breadquality parameters in gluten-free formulations*. Journal of Food Engineering. 2007, vol. 79. s. 1033-1047. ISSN 0260-8774.
- [3] SEDEJ, I., SAKAČ, M., MANDIĆ, A., MIŠAN, A., PESTORIĆ, M., ŠIMURINA, O., ČANADANOVIĆ-BRUNET, J. *Quality assessment of gluten-free crackers based on buckwheat flour*. LWT-Food Science and Technology. 2011, vol. 44. s. 694-699.
- [4] PERESSINI, D., PIN, M., SENSIDONI, A. *Rheology and breadmaking performance of rice-buckwheat batters supplemented with hydrocolloids*. Food Hydrocolloids. 2011, vol. 25. s. 340-349
- [5] PRUGAR, J. *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí*. 1. vyd. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, 2008. 327 s. ISBN 978-808-6576-282.
- [6] ŠAŠKOVÁ, D., ŠTOLFA, V. *Trávy a obilí*. 1. vyd. Praha: Granit, 1993. 64 s. ISBN 80-858-0503-0.
- [7] KENT, N. L., EVERS, A. D. *Technology of cereals an introduction for students of food science and agriculture*. 4th ed. Oxford: Pergamon, 1993. 64 s. ISBN 15-912-4108-1.
- [8] PŘÍHODA, J., SKŘIVAN, P., HRUŠKOVÁ, M. *Cereální chemie a technologie I: cereální chemie, mlýnská technologie, technologie výroby těstovin*. 1. vyd. Praha: VŠCHT, 2004. 202 s. ISBN 80-708-0530-7.
- [9] KOPÁČOVÁ, O. *Trendy ve zpracování cereálií s přihlédnutím zejména k celozrnným výrobkům: cereální chemie, mlýnská technologie, technologie výroby těstovin*. 1. vyd. Praha: ÚZPI, 2007. 55 s. ISBN 978-80-7271-184-0.
- [10] JOHNSON, L. A. Corn: The major cereal of the Americas. In KULP, K. a PONTE, J. G. *Handbook of Cereal Science and Technology*. 2nd ed. New York, 2000. 31-80 s.

- [11] MATZ, S. A. *The chemistry and technology of cereals as food and feed*. 2nd ed. USA: Pan-Tech International, 1991. 751 s. ISBN 04-423-0830-2.
- [12] KŮST, F. *Výroba kukuřice na siláž a na zrno*. Odbor rostlinných komodit. MZe ČR. 2009. [online]. [cit. 2012-01-25]. Dostupný z WWW: <http://www.agroweb.cz/Vyroba-kukurice-na-silaz-a-na-zrno__s427x35005.html>
- [13] KUST, F., POTMĚŠILOVÁ, J. *Situační a výhledová zpráva obiloviny*. Praha: Ministerstvo Zemědělství, 2011. 90 s. ISBN 978-80-7084-989-7
- [14] KADLEC, P. *Technologie potravin I*. 1. vyd. Praha: VŠCHT, 2002. 300 s. ISBN 80-708-0509-9.
- [15] KOPÁČOVÁ, O. *Funkční kukuřice*. 2007. [online]. [cit. 2012-02-05]. Dostupný z WWW: <<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=150&ch=13&typ=1&val=58105>>
- [16] PETROŠKOVÁ, K. *Antioxidanty: zpomalte čas dietou*. 1. vyd. Praha: Sun, 2010. 111 s. ISBN 978-80-7371-344-7.
- [17] BERGHOFER, E., SCHOENLECHNER, R. *Pseudocereals*. [online]. [cit. 2012-02-05]. Dostupný z WWW: <<http://www.sik.se/traditionalgrains/review/Oral%20presentation%20PDF%20files/Berghofer%20.pdf>>
- [18] MOUDRÝ, J. *Pohanka a proso: zpomalte čas dietou*. 1. vyd. Praha: ÚZPI, 2005. 206 s. ISBN 80-727-1162-8
- [19] JANOVSÁ, D., KALINOVÁ, J., MICHALOVÁ, A. *Metodika pěstování pohanky obecné v ekologickém a konvenčním zemědělství*. 1. vyd. České Budějovice: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2008. 13 s. ISBN 978-80-7427-000-0.
- [20] JINDROVÁ, J. *Ottův průvodce přírodou – Léčivé rostliny*. 1. vyd. Praha: Ottovo nakladatelství s. r. o., 2010. 496 s. ISBN 978-80-7360-588-9
- [21] JEFFERSON, T. *Buckwheat*. [online]. [cit. 2012-02-10]. Dostupný z WWW: <http://www.jeffersoninstitute.org/buckwheat.php#plant_description>

- [22] ŠKERŮK, J., MICHALOVÁ, A. *Pohanka, Špalda a proso v ekologickém zemědělství. Poradenské listy svazu Pro-Bio*. 2002, roč. 6, 12 s.
- [23] ŠMAJSTRLA, Z. *Pohanka ve mlýně a v kuchyni*. 2. vyd. Rožnov pod Radhoštěm: TNM, 2000. 110 s. ISBN 80-238-5383-X.
- [24] RYSOVÁ, J., PAULÍČKOVÁ, I., JANOVSÁ, D., OUHRABKOVÁ, J. *Pohanka tatarská a její využití v potravinách*. [online]. [cit. 2012-02-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.vupp.cz/czvupp/publik/08poster/08rysovaSD3.pdf>>
- [25] Pohankový mlýn Šmajstrla. *Zpracování pohanky*. [online]. [cit. 2012-02-12]. Dostupný z WWW: <<http://www.pohankovymlyn.com/mlyn.php?kapitola=remeslo>>
- [26] KIM, D. CH., LEE, W., NO, K., PARK, S., LEE, M., LIM, R. S., ROH, S. *Anti-allergic action of buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench) grain extract*. International Immunopharmacology. 2003, roč. 3, č. 1, s. 129-136.
- [27] O pohance [online]. [cit. 2012-02-22]. Dostupný z WWW: <http://www.chirurgieblansko.cz/hemoroidy/hem_pohanka.htm>
- [28] JODL, J. *Dieta bezlepková při celiakii u dětí*. 1. vyd. Praha: Avicenum, 1989. 103 s.
- [29] FASANO, A., CATASSI C. *Current Approaches to Diagnosis and Treatment of Celiac Disease: An Evolving Spektrum*. Gastroenterology. 2001, vol. 120, s. 636-651
- [30] RUJNER, J., CICHÁŇSKA, A. B. *Bezlepková a bezmléčná dieta*. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2006. 108 s. ISBN 80-251-0775-2.
- [31] LEE, A., NEWMAN, M. J. *Celiac diet: Its impact on quality of life*. Journal of The American Dietetic Association. 2003, vol. 103, s. 1533-1535
- [32] PÁV, I. *Celiakia v ambulantnej praxi*. Bratislava: Gastroenterologická klinika SZU FNŠP. 2006, roč. 3, č. 1, s. 22-24
- [33] CICLITIRA, J. P. *Coeliac disease*. Best Practise and Research Clinical Gastroenterology. 2003, vol. 17, s. 181-195.

- [34] KOHOUT, P., PAVLÍČKOVÁ, J. *Celiakie a bezlepková dieta*. 3. vyd. Praha: Maxdorf, 2006. 166 s. ISBN 80-734-5070-4.
- [35] Nařízení komise (ES) č. 41/2009 *o složení a označování potravin vhodných pro osoby s nesnášenlivostí lepku*. Úřední věstník Evropské unie, 2009.
- [36] ČERVENKOVÁ, R. *Celiakie*. 1. vyd. Praha: Galén, 2006. 64 s. ISBN 80-726-2425-3.
- [37] ŠÁRKA, E., BUBNÍK, Z. *Morfologie, chemická struktura, vlastnosti a možnosti využití pšeničného B-škrobu*. Chemické Listy. 2010, 104, s. 318-325.
- [38] ZLATOHLÁVEK, L. *Vláknina, její zdroje a vlivy na lidský organismus*. Praha: VFN. [online]. [cit. 2012-02-15]. Dostupný z WWW: <http://www.kardiologickeforum.cz/pdf/kf_03_03_08.pdf>
- [39] MANDŽUKOVÁ, J. *Domácí lékař jinak: výživa jako základ zdraví*. 1. vyd. Praha: Brána, 2006. 183 s. ISBN 80-724-3298-2.
- [40] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin 1*. 1. vyd. Tábor: OSSIS, 1999. 328 s. ISBN 80-902-3912-9.
- [41] SHUKLA, R., CHERYAN, M. *Zein: the industrial protein from corn. Industrial Crops and Products*. 2001, vol. 13, s. 171-192
- [42] GLENN, R. G., WILLIAMS, M. CH. *Functional fous*. 1. publ. Cambridge: Woodhead, 1999. 328 s. ISBN 18-557-3503-2.
- [43] CHRISTA, K., SORAL-ŠMIETANA, S. *Buckwheat Grains and Buckwheat Products – Nutritional and Prophylactic Value of their Components – a Review*. Czech J. Food Sci., [online]. 2008, vol. 26. [cit. 2012-02-18]. Dostupný z WWW: <<http://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/01448.pdf>>
- [44] ZELLER, F. J. *Buchweizen (Fagopyrum esculentum Moench) - Nutzung, Genetik, Züchtung In Die Bodenkultur*. 2001, roč. 52., 3. 18 s. ISSN 0006-5471
- [45] MAZZA, G. *Lipid content and fatty acid composition of buckwheat seed*. Cereal Chemistry. 1987, 65, s. 122-126

- [46] CAMPBELL, C. G. *Buckwheat, Fagopyrum esculentum Moench*. 1. publ. Rome: IPGRI, 1997. 328 s. ISBN 92-904-3345-0.
- [47] LEIFERTOVÁ, I., LISÁ, M. *Pohanka zdravá a léčivá i dnes*. 1. vyd. Praha: Art Press Servis, 1991. 21 s. ISBN 80-900-7300-X.
- [48] KREFT, I., FABJAN, N., YASUMOTO, K. *Rutin content in buckwheat food materials*. Food Chemistry. 2006, vol. 98. s. 508-512
- [49] HAGELS, H., WAGENBRETH, D., SCHILCHER, H. *Phenolic compounds of buckwheat herb and influence of plant and agricultural factors (Fagopyrum esculentum Moench and Fagopyrum tataricum Gartner)*. Current Advances in Buckwheat research. Berlin. 1995, s. 801-809
- [50] PAULÍČKOVÁ, I. *Pohanka – nejbohatší zdroj rutinu*. Výživa a potraviny. 2003, č 58. s. 151-2
- [51] DAVÍDEK, J., HAJŠLOVÁ, J., POKORNÝ, J., VELÍŠEK, J. *Chemie potravin*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1986. 142 s. ISBN 80-708-0097-6.
- [52] DOBRASZCZYK, B. J., MORGENSTERN, M. P. *Rheology and the breadmaking process*. Journal of Cereal Science. 2003, vol. 38, s. 229-245
- [53] DAPČEVIĆ HADNADEV T., POJÍČ M., HADNADEV M., TORBICA A. *The Role of Empirici Rheology in Flour Quality Kontrol*. Institute for Food Technology. [online]. [cit. 2012-02-20]. Dostupné z WWW: <http://cdn.intechopen.com/pdfs/23743/InTechThe_role_of_empirical_rheology_in_flour_quality_control.pdf>
- [54] STEFFE, J. F. *Rheological methods in food process engineering* 2nd ed. Michigan State University: Freeman Press, 1996. 418 s. ISBN 09-632-0361-4.
- [55] PŘÍHODA, J., HUMPOLÍKOVÁ, P., NOVOTNÁ, D. *Základy pekárenské technologie*. 1. vyd. Praha, 2003. 363 s. ISBN 80-902-9221-6.
- [56] OOM, A., PETTERSSON, A., TAYLOR, J. R. N., STADING, M. *Rheological properties of kafirin and zein prolamins*. Journal of Cereal Science. 2008, vol. 47, s. 109-116

- [57] HUI, H. Y. *Handbook of Food Products Manufacturing*. California: Science Technology System, 2007. 1073 s. ISBN 978-0-470-04964-8
- [58] ŽITNÝ, B., HARIS, L., MUCHOVÁ, Z. *Zmeny reologických vlastností pšeničného cesta vplyvom miesenia* In *Potravinárstvo*. 2010, Roč. 4, s. 102-107. ISSN 1338-0230
- [59] SKOUPIL, J., MÜLLEROVÁ, M., ŠTROBACH, J. *Zpracování mouky: technologie pro 3. ročník SPŠ potravinářské technologie*. 2. vyd. Praha: SNTL, 1981. 286 s.
- [60] VOHLÍDAL, J. *Chemické a analytické tabulky*. 1. vyd. Praha: Grada, 1999. 647 s. ISBN 80-716-9855-5.
- [61] KUČEROVÁ, J. *Technologie cereálií*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2004, 141 s. ISBN 97880715781162008.
- [62] DOBRASZCZYK, B. J. *The physic of baking: rheological and polymer molecular structure-function relationships in breadmaking*. School of Food Biosciences. 2004, vol. 124. s. 61-69.
- [63] HOJEROVÁ, J., ŠTERN, P., ZSEMLYE, R. *Reológia potravinářských hydrokoloidov*. Bulletin of Food Research. 2005, roč. 44, s. 83-99.
- [64] SCIARINI, S. S., RIBOTTA, P. D., LEÓN, A. E., PÉREZ, G. T. *Influence of Gluten-free flours and their Mixtures on Batter Properties and Bread Quality*. Food and Bioprocess Technology. 2010, vol. 3, s. 577-585. ISSN 1935-5130.
- [65] ROSELL, C. M., ROJAS, A. J., BENEDITO DE BARBER, C. *Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality*. Food Hydrocolloids. 2001, vol. 15, s. 75-81. ISSN 0268-005X.
- [66] PHILLIPS, G. O. *Handbook of hydrocolloids*. Boca Raton: CRC Press, 2000. 450 s. ISBN 0-8493-0850-X.
- [67] GARCÍA-OCHOA, F., SANTOS, V. E., CASAS, J. A., GÓMEZ E. *Xanthan gum: production, recovery, and properties*, Biotechnology Advances. 2000, vol. 18, s. 549-579

- [68] MLÝN HERBER spol. s r. o. [on-line]. [cit. 2012-03-20]. Dostupný z WWW: <www.mlynherber.cz>
- [69] Pohankový mlýn Šmajstrla [on-line]. [cit. 2012-04-10]. Dostupný z WWW: <www.pohankovymlyn.net>
- [70] Stable Micro Systems [on-line]. [cit. 2012-04-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.stablemicrosystems.com/frameset.htm?http://www.stablemicrosystems.com/taxtplus2.htm>>
- [71] BLATNÁ, D. *Metody statistické analýzy* [on-line]. [cit. 2012-04-12]. Dostupný z WWW: <[www: http://hujeri.ic.cz/archiv/1-PAS/stat_analyza.pdf](http://www:http://hujeri.ic.cz/archiv/1-PAS/stat_analyza.pdf)>
- [72] MELOUN, M. *Statistická analýza dat* [on-line]. [cit. 2012-04-12]. Dostupný z WWW: <http://www.crr.vutbr.cz/system/files/brozura_05_1101.pdf>
- [73] LÖSTER, T. *Analýza rozptylu jako základní metoda mnohonásobného porovnávání středních hodnot* In *International Scientific Days*. 2006, s. 1408-1414.
- [74] SAHIN, S., SUMNU, S. G. *Physical properties of foods*. New York: Springer Science a Business Media, 2006. 251 s. ISBN 978-0387-30780-0
- [75] BRITES, C., TRIGO, J. M., SANTOS, C., COLLAR, C., ROSELL, M. C. *Maize-Based Gluten-Free Bread: Influence of Processing Parameters on Sensory and Instrumental Quality*. *Food Bioprocess Technol.* 2010, vol. 3, s. 707-715
- [76] LÓPEZ, B. C. A., PEREIRA G. J. A., JUNQUEIRA G. R. *Flour mixture of rice flour, corn and cassava starch in the production of gluten-free white bread*. Brazil: Food Science and Technology. 2004, vol. 47, s. 63-70. ISSN 1516-8913.
- [77] DVOŘÁKOVÁ, P., BUREŠOVÁ, I., KRÁČMAR, S. *Buckwheat as a gluten-free cereal in combination with maize flour*. *Biotechnology and Food Sciences*. 2012, vol. 1, s. 897-907
- [78] WRONKOWSKA, M., TROSYNSKA, A., SORAL-ŚMIETANA, M., WOLEJSZO, A. *Effects of buckwheat flour on the quality of gluten-free bread*. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. 2008, vol. 58, s. 211-216

[79] ALVAREZ-JUBETE, L., WILJNGAARD, H., ARENDT, K. E., GALLAGHER, E. *Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, Quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting*. Food Chemistry. 2010, vol. 119, s. 770-778.

[80] SMITH, E. B. *Gluten-free breads for patients with uremia*. Journal of the American Dietetic Association. 1971, vol. 59, s. 572-574

[81] SCIARINI, S. L., RIBOTTA, D. P., LEÓN, E. A., PÉREZ, T. G. *Effect of hydrocolloids of Gluten-free batter properties and bread quality*. Food Science and Technology. 2010, vol. 45, s. 2306-2312. ISSN 0950-5423

[82] ANTON, A. A., ARTFIELD, D. S. *Hydrocolloids in gluten-free breads: a review*. Food Science. 2008, vol. 59, s. 11-23

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

alg	alginát
ČSÚ	Český statistický úřad
FAO	Food and Agriculture Organization
xg	xantanová guma

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: <i>Zea mays</i> [9]	13
Obr. 2: Struktura kukuřičného zrna [10]	15
Obr. 3: Pohanka setá (<i>Fagopyrum esculentum</i>) [21]	20
Obr. 4: Plody pohanky – nažky [21]	21
Obr. 5: Vzhled sliznice tenkého střeva [34]	25
Obr. 6: Mezinárodní symbol označování bezlepkových potravin [37]	27
Obr. 7: Struktura rutinu [52]	37
Obr. 8: Strukturní charakteristika alginátu [66]	42
Obr. 9: Schéma pro izolaci alginátu z mořských řas [66]	43
Obr. 10: Struktura xantanové gumy [66]	44
Obr. 11: Texturometr TA.XT Plus	49

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Bílkoviny jednotlivých obilovin [43]	30
Tab. 2: Esenciální a limitující AMK pohanky [45]	34
Tab. 3: Minerální látky obsažené v pohankové mouce [46]	35
Tab. 4: Přehled míchání směsí jednotlivých mouk	48

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I	Extenzografické vlastnosti směsi ZFc ^a
Příloha P II	Extenzografické vlastnosti směsi ZF ^a
Příloha P III	Extenzografické vlastnosti vzorků s přídavkem hydrokoloidů ^a

PŘÍLOHA P I

Extenzografické vlastnosti směsi ZFc^a

Vzorek	Energie [mm ²]	Odpor [g]	Tažnost [mm]
Fc 100	49,1 f	8,3 b	12,9 b
ZFc 1090	41,3 af	8,0 be	10,0 a
ZFc 2080	36,1 a	7,7 be	9,8 a
ZFc 3070	36,0 a	8,5 b	9,3 a
ZFc 4060	30,9 acd	6,7 cd	9,3 a
ZFc 5050	34,3 ad	6,4 acd	10,3 a
ZFc 6040	22,9 bc	6,0 ac	9,9 a
ZFc 7030	23,9 bcd	5,6 a	9,8 a
ZFc 8020	19,5 be	5,8 a	9,4 a
ZFc 9010	22,9 bc	7,2 de	8,2 a
Z 100	9,9 e	3,3 f	8,4 a

^aOdlíšná písmena ve stejném sloupci značí statisticky významný rozdíl mezi vzorky na hladině významnosti 0,05 dle Fisherova LSD testu.

PŘÍLOHA P II

Extenzografické vlastnosti směsi ZF^a

Vzorek	Energie [mm ²]	Odpor [g]	Tažnost [mm]
F 100	8,3 a	5,9 de	9,8 abc
ZF 1090	32,6 de	10,1 c	10,0 ab
ZF 2080	28,9 cde	9,5 ac	6,6 bc
ZF 3070	36,2 e	9,2 ac	11,4 a
ZF 4060	15,1 ab	8,6 ab	6,2 c
ZF 5050	20,1 abcd	6,7 de	11,1 a
ZF 6040	18,7 abc	7,4 be	9,0 abc
ZF 7030	22,9 bcd	8,8 abc	8,3 abc
ZF 8020	16,3 abc	8,6 ab	8,4 abc
ZF 9010	9,5 ab	5,3 d	10,0 ab
Z 100	8,3 a	3,3 f	8,4 abc

^aOdlišná písmena ve stejném sloupci značí statisticky významný rozdíl mezi vzorky na hladině významnosti 0,05 dle Fisherova LSD testu.

PŘÍLOHA P III

Extenzografické vlastnosti vzorků s přidavkem hydrokoloidů^a

Vzorek	Energie [mm ²]	Odpor [g]	Tažnost [mm]
Z kontrola	9,9 a	3,3 a	8,4 abcd
Z alg 0,1	6,5 a	6,6 bcd	6,7 a
Z alg 0,5	13,7 a	6,6 bcd	9,8 abcde
Z alg 1	19,2 abc	6,6 bcd	10,2 bcde
Z xg 0,1	17,8 ab	6,1 bc	10,4 bcde
Z xg 0,5	28,5 abcd	6,1 bc	12,2 e
Z xg 1	46,1 cde	8,2 efghi	10,9 cde
F kontrola	8,3 a	5,9 bc	9,8 abcde
F alg 0,1	60,2 efg	5,0 b	24,6 g
F alg 0,5	82,5 ghi	6,6 bcd	17,2 f
F alg 1	43,8 bcde	6,6 bcd	15,7 f
F xg 0,1	54,2 def	7,7 defgh	12,5 e
F xg 0,5	90,9 i	9,3 ij	18,7 f
F xg 1	80,1 fghi	8,2 fghi	16,4 f
Fc kontrola	49,0 de	8,3 ghi	12,1 e
Fc alg 0,1	67,7 efghi	10,4 jk	11,4 de
Fc alg 0,5	48,2 de	15,1 l	9,8 abcde
Fc alg 1	62,4 efgh	11,9 k	10,2 bcde
Fc xg 0,1	87,1 ghi	11,7 k	10,4 bcde
Fc xg 0,5	67,2 efghi	15,1 l	9,7 abcde
Fc xg 1	88,1 hi	16,1 l	10,6 cde

^aOdlíšná písmena ve stejném sloupci značí statisticky významný rozdíl mezi vzorky na hladině významnosti 0,05 dle Fisherova LSD testu.