MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ

AGRONOMICKÁ FAKULTA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

BRNO 2017 **Bc. KLÁRA PREMUSOVÁ**

Mendelova univerzita v Brně

Agronomická fakulta

Ústav technologie potravin

Kvalita toustových chlebů ovlivněná vlákninou

Diplomová práce

Vedoucí práce:
Ing. Viera Šottníková, Ph.D.

Vypracovala:
Bc. Klára Premusová

Brno 2017

Zadání diplomové práce

Experimenty byly provedeny za využití infrastruktury pavilonu M, v poloprovozu pekárenském: "Výstupy a výsledky DP byly zpracovány na přístrojovém vybavení financovaném z projektu OP VaVpI CZ.1.05/4.1.00/04.0135 Výukové a výzkumné kapacity pro biotechnologické obory a rozšíření infrastruktury".

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci: „Kvalita toustových chlebů ovlivněná vlákninou“ vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:……..

…….

Podpis

Poděkování

Chtěla bych poděkovat vedoucí mé diplomové práce paní Ing. Vieře Šottníkové, Ph.D., která mi byla velice nápomocná a bedlivě dohlížela na mé počínání.

Mé velké poděkování patří také panu Ing. Honzíkovi, jako zástupci firmy J. RETTENMAIER & SÖHNE za vstřícný přístup, cenné rady, za velkou pomoc při zpracování praktické části diplomové práce a za poskytnutí vlákniny VITACEL®.

Děkuji též paní laborantce Jindřišce Jordánové za pomoc při měření a získání výsledků k praktické části diplomové práce, paní doc. Ing. Šárce Nedomové, Ph.D. za konzultaci a vstřícný přístup a panu Mgr. Ing. Vladimíru Sýkorovi za pomoc při spektrofotometrickém měření barvy a za jeho cenné rady při vyhodnocení výsledků.

ABSTRAKT

Hlavním cílem diplomové práce „Kvalita toustových chlebů ovlivněná vlákninou“ bylo navrhnout recepturu s přídavkem pšeničné vlákniny (WF 600), bramborové (KF 200), jablečné (AF 12) a kombinace pšeničné vlákniny s psylliem (WF 600 + P 95) v množství 3 %, 6 % a 9 % a následně posoudit vliv přidané vlákniny na kvalitu chlebů.

Byl proveden pekařský pokus, senzorická analýza, univerzální tahová/tlaková zkouška, stanovena barva střídy a vypočtena nutriční hodnota. Výsledky byly zpracovány v programu Statistica 12 a MS Excel.

Přídavek 3 % psyllia a pšeničné vlákniny a 3 % bramborové vlákniny měl nejlepší vliv na objem chlebů. Senzoricky nejlepší byl toustový chléb s přídavkem 3 % psyllia a pšeničné vlákniny. Nejtmavší barvu měl chléb s přídavkem jablečné vlákniny, naopak nejsvětlejší byl chléb s přídavkem pšeničné vlákniny. Nejměkčí byl vzorek s přídavkem 9 % psyllia a pšeničné vlákniny. Nejvyšší nutriční hodnotu měl kontrolní vzorek a nejnižší měl chléb s přídavkem 9 % psyllia a pšeničné vlákniny.

Klíčová slova: vláknina, toustový chléb, pekařský pokus, senzorické hodnocení, barva, nutriční hodnota

ABSTRACT

The main aim of the thesis „The quality of toast breads affected by fibre“ was to suggest a recipe with addition of wheat fibre (WF 600), potato fibre (KF 200), apple fibre (AF 12) and combination of wheat fibre and psyllium (WF 600 + P 95) in amounts of 3 %, 6 % a 9 % and further to assess the effect of added fibre to the quality of bread.

I have done a baking experiment, a sensory analysis, universal tensile and pressure test. I´ve defined a colour of crumb and calculated nutritive value. The results were processed in Statistica 12 and MS Excel programmes.

The addiotion of 3 % of psyllium and wheat fibre and 3 % of potato fibre had the best effect on bread volume. The bread with addition of apple fibre was the darkest colour, while the bread with addition of wheat fibre was the lightest one. A sample with 9 % of psyllium and wheat fibre was the softest one. A control sample had the highest nutritive value and the bread with 9 % of psyllium and wheat fibre had the lowest one.

Keywords: fibre, toast bread, baking experiment, sensory evaluation, colour and nutritive value

OBSAH

1 ÚVOD 9

2 CÍL PRÁCE 10

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED 11

3.1 Polysacharidy 11

3.2 Vláknina 11

3.3 Chemické složení vlákniny 13

3.3.1 Vláknina rozpustná 13

3.3.2 Vláknina nerozpustná 19

3.4 Struktura buňky a vlákna 22

3.5 Význam vlákniny a zdravotní účinky 24

3.6 Doporučený příjem dietní vlákniny 25

3.7 Zdroje vlákniny 26

3.8 Základní vlastnosti izolované vlákniny aplikované do výrobků 27

3.9 Toustový chléb 29

3.10 Základní suroviny pro pekařské výrobky 29

3.10.1 Mouka 30

3.10.2 Voda 32

3.10.3 Sůl 33

3.10.4 Droždí 33

3.10.5 Tuk 34

3.11 Firma J. RETTENMAIER & SÖHNE (JRS) 34

4 MATERIÁL A METODIKA 35

4.1 Materiál 35

4.2 Metodika 38

4.2.1 Pekařský pokus 38
4.2.2 Vyhodnocení 40
4.2.3 Senzorické hodnocení toustových chlebů 42
4.2.4 Tahová/tlaková zkouška – TIRA-test 43
4.2.5 Spektrofotometrické stanovení barvy střídy 44
4.2.6 Stanovení nutriční hodnoty chleba a příjem vlákniny 45
4.2.7 Statistické vyhodnocení pokusu 45
5 VÝSLEDKY A DISKUSE 46
5.1 Vyhodnocení pekařského pokusu 46
5.2 Senzorické hodnocení toustových chlebů 52
5.3 Hodnocení tvrdosti toustových chlebů 63
5.4 Spektrofotometrické hodnocení barvy toustových chlebů 66
5.5 Nutriční hodnocení toustových chlebů a příjem vlákniny 67
6 ZÁVĚR 70
7 LITERATURA 72
8 SEZNAM OBRÁZKŮ 83
9 SEZNAM TABULEK 84
10 PŘÍLOHY 85

1 ÚVOD

Pojem „zdravá výživa“ a „zdravý životní styl“ je dnes nejvíce aktuálním tématem a často se spojuje právě s vlákninou. Vláknina je v současnosti považována za kritickou, protože její příjem je u většiny populace nedostatečný, zejména s přibývajícím věkem.

Vláknina představuje ve stravě velice významnou roli, a to nejen jako složka zdravé výživy, ale také jako preventivní ukazatel mnoha závažných civilizačních onemocnění.

Doporučený příjem vlákniny v Evropě je okolo 30 g/den s optimálním poměrem nerozpustných a rozpustných neškrobových polysacharidů 3:1. V Americe se doporučený příjem pohybuje v rozmezí 20 až 35 g/den, což je skoro obdobné jako v Evropě. Pro děti a dospívající doporučuje Americká nadace pro zdraví pravidlo „věk + 5 g“, což se považuje za dostačující v období růstu (KOMPRDA, 2009).

Vláknina se dělí jak na rozpustnou vlákninu, tak nerozpustnou a pro člověka patří mezi nevyužitelné polysacharidy, protože lidský organismus postrádá enzymy potřebné k jejímu natrávení. Významným zdrojem vlákniny jsou především rostlinné potraviny (tj. zelenina, obiloviny, luštěniny, ovoce, ořechy a celá zrna) a výrobky z nich. Vláknina se také přidává do celé řady běžně konzumovaných výrobků tj. do pečiva, chlebů, cukrářských výrobků, těst, náplní, těstovin, extrudátů, sušenek a crackerů, ale také do masných výrobků. Právě chléb je jedna ze základních potravin v našem jídelníčku, proto je jeho obohacování vlákninou pro nás velikým přínosem. Je vnímán jako velice kvalitní potravina, protože obsahuje celou řadu nutričně významných složek, které mají pozitivní vliv na zdraví. Bohužel spotřeba chleba od roku 2007 (50,3 kg/os./rok) do roku 2015 (39,8 kg/os./rok) klesla zhruba o 10 kg (ČSÚ, 2015), především kvůli stravovacím návykům a rostoucímu výběru náhražek, tj. snídaňových cereálií a rychlého občerstvení.

VITACEL® je označení pro multifunkční rostlinný koncentrát s podílem zbytkové vlákniny až 99 %. Je produkován německou firmou J. RETENMAIER & SÖHNE a je označen ochrannou známkou ®. Má významné funkční vlastnosti, tj. stabilizuje a zahušťuje těsta, má želírující účinek, působí jako tuková náhražka, není ovlivněn teplotou, tlakem ani pH, zaručuje vysokou mikrobiologickou bezpečnost, možnost skladování až 5 let. Nejvýznamnější je vysoká vaznost vody, technologické vlastnosti, senzorické vlastnosti, přijatelnost výrobků, nutriční a ekonomické aspekty.

2 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo porovnat vliv přídavku vybraných druhů vláknin na kvalitu toustových chlebů. Byly použity tyto druhy vlákniny: pšeničná (WF 600), bramborová (KF 200), jablečná (AF 12) a kombinace pšeničné vlákniny s psylliem (WF 600 + P 95). Všechny tyto druhy vlákniny byly aplikovány k navržené receptuře v množství 3 %, 6 % a 9 %.

Cílem práce bylo:

- prostudovat naší i zahraniční odbornou literaturu k danému tématu,
- doplnit literární rešerši z vlastní BP, charakterizovat vlákninu a zaměřit se především na vybrané druhy vláknin a jakostní požadavky dle platné legislativy,
- charakterizovat toustový chléb a suroviny určené k výrobě,
- navržení receptury a v technologickém poloprovozu vyrobit toustové chleby s přídavkem vlákniny,
- navržení senzorického dotazníku k vyhodnocení toustových chlebů,
- stanovení nutriční hodnoty chlebů s přídavkem vybraných druhů vláknin,
- u hotových výrobků provést měření objemu, ztráty pečením, senzorické hodnocení, stanovení některých fyzikálních vlastností a měření barvy spektrofotometrem.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Polysacharidy

Potravinová vláknina patří mezi „nevyužitelné“ polysacharidy, které lidský organismus nedokáže využít, protože postrádá enzymy potřebné k jejímu natrávení. Vláknina prochází v nezměněné formě tenkým střevem a může být fermentována až účinkem enzymů bakteriální mikroflóry tlustého střeva, za vzniku využitelných MK s nízkým počtem uhlíku. Konečnými produkty fermentace vlákniny jsou plyny (tj. oxid uhličitý, vodík a metan); (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009; SVAČINA, 2008). Vyjímkou je škrob, který patří mezi „využitelné“ polysacharidy. Škrob je polymer glukózy s vazbou α 1→4 nacházející se především v obilovinách a jejich produktech (SVAČINA, 2008).

ASPINALL (2016) definuje polysacharidy jako kondenzační polymery s vysokou molekulovou hmotností, které jsou složeny z více než deseti monosacharidových jednotek a obsahují také několik tisíc, stovek tisíc, až milión strukturních (stavebních) jednotek, které jsou navzájem propojené glykosidovými vazbami.

3.2 Vláknina

SMĚRNICE KOMISE 2008/100/ES ze dne 28. října 2008 definuje vlákninu v souladu s definicí Codex Alimentarius takto: *„Vlákninou se rozumí uhlovodíkové polymery s třemi nebo více monomerními jednotkami, které nejsou tráveny ani vstřebávány v tenkém střevu lidského organismu a náleží do těchto kategorií:*

- *jedlé uhlovodíkové polymery přirozeně se vyskytující v přijímané potravě,*
- *jedlé uhlovodíkové polymery, které byly získány z potravních surovin fyzikálními, enzymatickými nebo chemickými prostředky a které mají prospěšný fyziologický účinek,*
- *jedlé uhlovodíkové polymery, které mají prospěšný fyziologický účinek prokázaný obecně uznávanými vědeckými poznatky.“*

Látky, které spadají pod tuto definici, musí vykazovat jeden nebo více fyziologicky prospěšných účinků např. zkrácení doby průchodu střevem, zvětšení objemu stolice, snížení LDL cholesterolu v krvi, snížení glukózy a inzulínu v krvi.

Dále směrnice zohledňuje převodní faktor pro výpočet energetické hodnoty. Vzhledem k tomu, že 70 % vlákniny v tradičních potravinách je považováno za zkvasitelnou vlákninu, je stanoven převodní faktor: 8 kJ/g vlákniny, tj. 2 kcal/g (SMĚRNICE KOMISE 2008/100/ES).

Termín „dietary fibre“ (dietní vláknina), pro který je v češtině používán název vláknina potravy, poprvé použil Hipsley v roce 1954 pro označení nestravitelné stěny rostlinných buněk, které nejsou tráveny a resorbovány v horní části lidského trávicího ústrojí, tj. v žaludku a tenkém střevě (CHO, DREHER, 2001; WALKER, 1993).

Nejvíce je akceptována definice dle Trowella a Burkitta z roku 1972, která pod pojmem vláknina potravy představuje zbytky rostlinných buněčných stěn, které nejsou lidskými trávicími enzymy štěpitelné, a zahrnuje všechny nestravitelné polysacharidy (celulózu, hemicelulózu, oligosacharidy, pektiny, gumy, vosky a lignin). V letech 1972 až 1976 byla funkčnost vlákniny rozšířena a doplněna o řadu hypotéz: vyšší příjem potravní vlákniny souvisí s nízkým výskytem chorob (chronickým onemocněním střev, cukrovky, srdečně-cévních onemocnění a rakoviny tlustého střeva). Dále se rozšířila definice vlákniny o látky vyskytující se i mimo buněčnou stěnu (některé zásobní polysacharidy a látky vylučované v místech porušené struktury, tj. pryskyřice a slizy). Mezi vlákninu se řadí také rezistentní škroby vzniklé především retrogradací amylózy (ZMRAZILOVÁ, MAYZLÍK, 1989).

Současné pojetí vlákniny tedy představuje látky o unikátní chemické struktuře, charakteristických fyzikálních vlastnostech a individuálních fyziologických a zdravotních účincích. Kromě ligninu mají všechny sacharidovou povahu a jsou štěpeny enzymy anaerobních bakterií tlustého střeva za tvorby vodíku, metanu, oxidu uhličitého, vody a mastných kyselin s krátkým řetězcem.

Přesné označení vlákniny je „neškrobové polysacharidy“ (non-starch polysacharides; NSP). Vlákninu potravy tvoří heterogenní směs látek, jejichž stanovení není jednoduché a závisí na použité metodě. Většinou se využívají ke stanovení tyto metody: gravimetrická, kolorimetrická a vysokotlaká kapalinová chromatografie. Dříve se také využíval termín „hrubá vláknina“ (crude fibre), tj. zbytek potravy rostlinného původu, který zůstane po působení kyselin a louhů a zahrnuje lignin, celulózu a část hemicelulóz (MÜLLEROVÁ, AUJEZDSKÁ, 2014).

3.3 Chemické složení vlákniny

Celková vláknina, neboli také dietní vláknina se dělí na: vlákninu ve vodě rozpustnou a nerozpustnou vlákninu, dle její fermentovatelnosti *in vitro* (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009). Asi 75 % z dietní vlákniny v potravinách se nachází v nerozpustné frakci.

SPALLHOLZ et al., (1999) v literatuře uvádí, že právě chemické složení vlákniny (Tab. 1), ovlivňuje její nutriční i zdravotní význam, fyziologii a mikrobiologii trávicího traktu.

Tab. 1 Přehled rozdělení vlákniny (SCHWEIZER, EDWARDS, 2013)

<table>
<tr><td rowspan="10">Total dietary fibre</td><td rowspan="9">Non-starch polysaccharides (NSP)</td><td rowspan="8">Non-cellulosic polysaccharides (NCP)</td><td rowspan="3">Other polysaccharides</td><td rowspan="8">Soluble fibre</td><td>Other sugar residues</td><td rowspan="10">Plant cell wall</td></tr>
<tr><td>Uronic acids</td></tr>
<tr><td>Rhamnose</td></tr>
<tr><td>Pectin</td><td>Arabinose</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Hemicellulose</td><td>Xylose</td></tr>
<tr><td>Mannose</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Insoluble fibre</td><td>Galactose</td></tr>
<tr><td>Cellulose</td><td>Cellulose</td><td>Glucose</td></tr>
<tr><td>Lignin</td><td>Lignin</td><td>Lignin</td><td>Lignin</td></tr>
<tr><td colspan="6">Enzymatically resistant starch</td></tr>
<tr><td colspan="7">Starch</td></tr>
</table>

Poznámka: Přerušované čáry značí hranice, které nejsou absolutní.

3.3.1 Vláknina rozpustná

Rozpustná vláknina se skládá z necelulózových polysacharidů, které tvoří určitý podíl hemicelulóz, pektiny, rostlinné gumy a slizy nacházející se především v ovoci, ovsu, ječmeni nebo luštěninách. Dále některé fruktany (např. inulin, oligofruktóza), modifikované celulózy a rezistentní škroby.

Význam: Rozpustná vláknina zpomaluje vyprazdňování žaludku, tím, že vytváří viskózní roztok a potlačuje pocit hladu, zpomaluje také vstřebávání glukózy z krve,

posiluje imunitní funkce a snižuje hladinu sérového cholesterolu (např. ovesné β-glukany).

Rozpustná vláknina je do značné míry fermentována bakteriemi tlustého střeva na mastné kyseliny s krátkým řetězcem, např. kyselinu propionovou a máselnou, které mohou značně inhibovat syntézu cholesterolu v játrech (CHO, DREHER, 2001). Léčebný efekt je vysvětlován její sníženou absorpcí a sníženou utilizací živin (MÜLLEROVÁ, AUJEZDSKÁ, 2014). Celkově tedy přispívá k prevenci nadváhy, obezity, diabetu II. typu, rakoviny tlustého střeva, dyslipidémii, zubního kazu, tvorbě žlučových kamenů, zácpy a hemeroidů, atd. (KUNOVÁ, 2011; KALAČ, 2003; STRÁNSKÝ, RYŠAVÁ, 2010). V souvislosti s touto vlákninou je do značné míry omezená dostupnost minerálních látek (zejména iontů vápníku, mědi, železa a zinku); (TOPPING, CLIFTON, 2001; HOLLMAN, LINDHAUER, 2004).

β-glukany

Jedná se o polysacharidy s dlouhými postranními řetězci, jejichž základní stavební jednotkou je glukóza spojená vazbami (1→4) a (1→3) mezi β-D-glukopyranózovými zbytky, a patří mezi hemicelulózy, zejména mezi heteroglukany. Díky přítomným β-vazbám jsou β-glukany nestravitelné, ale díky vazbám (1→3) jsou rozpustné ve vodě a jejich rozpustnost je závislá také na jejich struktuře, původu a vazbě na některé proteiny. Důležitá je extrakční teplota, kdy při 40 °C se extrahuje 20 % β-glukanů z ječmene, při 65 °C asi 30–70 %.

Jelikož je β-glukan rozpustný ve vodě, dokáže v žaludku a střevech vytvořit velmi hustý a viskózní rokok, čímž se zpomalí vyprázdnění žaludku, sníží se přístup enzymů k potravě a zpomalí se vstřebávání živin. Je tedy snížen glykemický index, čímž se zaručí stálý a dostatečný přísun energie a navodí se pocit sytosti (BENKEBLIA, 2014).

Pro své fyzikální vlastnosti lze β-glukany používat v různých potravinářských výrobcích s cílem zlepšit jak texturní, tak nutriční vlastnosti výrobků. Pro konzumenta se tak zvýší nutriční přijatelnost, ale i chutnost výrobků (TIWARI, CUMMINS, 2009).

Nachází se především v buněčných stěnách obilovin v množství až 30 % z celkové sušiny, ale jejich původ může být i z vyšších hub, plísní a kvasinek, které dovedou syntetizovat příbuzné polymery (EL KHOURY et al., 2012; VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009).

Pektinové látky

Pektinové látky neboli pektiny jsou polymery kyseliny galakturonové s různým podílem estericky vázaných metylových a acetylových skupin. V rostlinných produktech se z větší části vyskytují pektiny s postranními řetězci obsahujícími galaktózu, arabinózu, xylózu, ramnózu a fruktózu. Pektiny vytvářejí gely, které mají vysokou schopnost vázat vodu, kationty a některé organické látky (např. žlučové kyseliny); (KASPER, 2015).

Jsou obsaženy ve většině primárních stěn rostlin, ale i uprostřed, kde se často spojují i s jinými složkami buněčné stěny, nejčastěji s celulózou, hemicelulózou a ligninem. Největší zastoupení mají v ovoci (tj. v jablkách, citrusových plodech, jahodách, hruškách, broskvích, angreštu nebo rybízu) a hlavně v mladých tkáních (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009; STEPHEN et al., 2006).

Komerčně extrahované pektiny se využívají buď samostatně nebo v kombinaci s dalšími biopolymery jako gelovací a zahušťovací prostředky, díky schopnosti vázat vodu a kationty.

Pektiny s větším počtem methoxylových skupin se využívají hlavně jako želírující látky ve výrobcích na bázi ovoce, při výrobě džemů a jako ovocné konzervační látky. Dále se přidávají do mléčných dezertů, ovocných přípravků, cukrářského želé a tepelně odolných pekárenských džemů. Jako stabilizátory se uplatňují v zakysaných mléčných výrobcích, ovocných šťávách a nealkoholických nápojích.

Pektiny s nízkým počtem methoxylových skupin se používají k přípravě gelů se sníženým výskytem rozpustných pevných látek, a jsou zajímavé svou sníženou výhřevností. V potravinářství se aplikují do různých džemů a želé s nízkým obsahem cukru, mléčných dezertů, kde není potřeba přídavku vápenaté soli. Dále do ovocných gelů, zmrzlin a jako potravinářské povlaky na potraviny (STEPHEN et al., 2006).

Rostlinné gumy a slizy

Přezdívané též klovatiny (lepivé šťávy), se definují jako amorfní látky obsahující uhlík, vodík a kyslík mající rostlinný původ. Získávají se jako výpotek z ovoce, kmenů nebo větví stromů samovolně, po mechanickém poranění rostliny, přičemž na vzduchu tuhnou v pevnou a gumovitou hmotu.

Jak gumy, tak slizy jsou tzv. kyselé polysacharidy tvořené nejčastěji: arabinózou, galaktózou, ramnózou, ale mohou obsahovat také glukurunovou a galakturonovou

kyselinu, xylózu, fruktózu nebo manózu. Jsou hydrofilní a tvoří viskózní roztoky, disperze nebo gely (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009).

Nejdůležitější vlastností gum je viskozita, a tím schopnost zahušťovat výrobky a vytvořit tak účinnou texturu. Mohou stabilizovat emulze, suspenze a pěny, nebo dokonce vytvářet mírné aroma a chuť výrobku (STEPHEN et al., 2006).

Arabská guma – je získávána jako exudát ze stromů rodu akácie (*Acacia senegal* a *Acacia seyal)* a patří mezi substituované kyselé arabinogalaktany. Má schopnost až z 50 % tvořit disperze.

Guma tragant – získává se v suchých oblastech Íránu a Turecka z křovin rodu kozinec *(Astragalus).* Na jeho složení se podílí malé množství škrobu a proteinů a dvě skupiny polysacharidů.

Guma karaya – získává se také jako exudát z kůry stromů *Sterculia urens* a pochází z Indie. Z chemického hlediska je to glykanorhamnogalakturonan (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009).

Polysacharidy mořských řas

Řasy jsou mnohobuněčné organismy, jejichž složení závisí na druhu, prostředí a způsobu sklizně a jsou bohaté na minerály, vitamíny a některé polysacharidy. V západním světě se využívají výhradně pro extrakci hydrokoloidů, včetně karagenanu, kyseliny alginové a agaru, které se využívají pro zlepšení potravinářských výrobků.

Mezi hlavní polysacharidy mořských řas patří především agary, algináty a karagenany, jejichž významné zdroje jsou uvedené v tabulce 2. Několik druhů mikro řas je považováno za funkční potraviny, díky obsahu významných živin, jako jsou vitamíny (A, B_1, B_2, C), proteiny, karotenoidy a polysacharidy, z nichž nejdůležitější jsou červené mořské řasy, které obsahují 80–85 % vody, 13–30 % minerálních látek, 15–20 % sacharidů (hl. agary a karagenany), 8–25 % bílkovin, 2–4 % lipidů, karotenoidy a omega-3 mastné kyseliny. Jedlá mořská řasa obsahuje 33 až 50 % celkové vlákniny, což je více než u vyšších rostlin.

Díky vysoké afinitě k vodě působí jako hydrokolidy. Z technologického hlediska mají výbornou schopnost vázat vodu, což umožní lepší texturu výrobku. Působí jako stabilizátory, emulgátory, filmotvorné látky, redukují tuky, umožňují lepší skladovatelnost plniva a jako modifikátory viskozity výrobku. Kromě toho jsou významná aditiva pro inhibici synerese, snižují suchost a výtěžnost výrobku. Často se

kombinují s jinými přísadami, jako jsou žvýkačky, celulózové gumy, arabská guma, guarová guma, pektin a carboxymethylcellulóza (VENUGOPAL, 2011).

Tab. 2 Významné polysacharidy a jejich zdroje (VENUGOPAL, 2011)

Polysacharid	**Významné druhy mořských řas**
Agar, agaróza	*Gracilaria, Gelidium, Pterocladia*
Alginát (kys.alginová)	*Macrocystis, Laminaria, Ascophyllum, Sargassum*
Karagenan	*Gigartina, Chondrus, Eucheuma*

Agary – jsou hydrofilní koloidy červených mořských řas, které se skládají ze dvou polysacharidů: agarózy a agaropektinu. Agaróza se skládá z 3,6-anhydro-α-l-galaktopyranózy a p-D-galaktopyranózy a vytváří dvojitou šroubovicovou strukturu, což umožňuje vytvářet termoreverzibilní gely. Dále obsahuje kyselinu pyrohroznovou, D-glukuronovou a arabinózu.

Algináty – jsou lineární nerozvětvené polymery obsahující β-(1,4) vázanou kyselinu D-mannuronovou a kyselinu L-guluronovou. Vyskytují se v hnědých řasách jako soli alginu nebo alginové kyseliny. V potravinářství se využívají jako zahušťovadlo pod označením E 401.

Karagenany – jsou extrakty z červených mořských řas, které jsou významné tím, že tvoří komplexy s mléčnými bílkovinami, čehož se využívá při výrobě mléčných dezertů nebo zmrzlin (VENUGOPAL, 2011; VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009).

Inulin

Jedná se o uhlohydrát, který patří mezi fruktany a je rezervní polysacharid rostlin čeledi *Asteraceae*. Skládá se převážně z lineárních řetězců fruktózových jednotek spojených vazbou α-(1→2), které jsou zakončené koncovou jednotkou D-glukózy. Více než 36 000 rostlin z různých čeledí obsahuje inulin jako energetickou rezervu nebo osmoregulátor. Mezi tyto rostlinné potraviny běžně konzumované lidstvem patří: obiloviny (pšenice a žito), cibule, česnek, banány, pórek, artyčoky, chřest a topinambur. Denní příjem inulínu a oligofruktózy se odhaduje zhruba na 1 až 10 g v závislosti na geografických, demografických a dalších parametrech (VAN LOO et al., 1995; HŘIVNA, 2014).

Jelikož inulin nepodléhá enzymatické hydrolýze v horní části gastrointestinálního traktu, je fermentován až v tlustém střevě, kde slouží jako růstový faktor

bifidobakteriím, z nichž nejznámějším zástupcem je *Bifidobacterium bifidum* (THOMPKINSON et al., 2014; KOMPRDA, 2009).

Bylo provedeno několik studií na lidech i na pokusných zvířatech a bylo prokázáno, že inulin značně ovlivňuje hypercholesterolémii (koncentraci lipidů v séru) a snižuje kalorickou hodnotu potravin, protože kalorický obsah inulinu je 4,13 kJ/g (nebo 1 kcal/g) potraviny (THOMPKINSON et al., 2014). Proto se inulin využívá jako významný doplněk stravy. Vyrábí se z něj D-fruktózové sirupy, kávové náhražky a především jsou významnými prebiotiky, protože podporují růst a skladbu střevní mikroflóry (KOMPRDA, 2003; VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009).

Rezistentní škroby

Makromolekula rezistentního škrobu je složená z lineárních molekul amylózy a větvených molekul amylopektinu, kde základní monomerní jednotkou je glukóza. Bylo zjištěno, že existuje tzv. „fyziologická malabsorpce škrobu“, tzn., že asi 10 % škrobu přijímaného ve smíšené stravě je rezistentní vůči α-amyláze a projde až do tlustého střeva, kde se destruuje za pomocí bakterií na těkavé mastné kyseliny, z nichž je nejdůležitější kyselina máselná, která je významným zdrojem energie pro buňky vystýlající vnitřek stěny tlustého střeva a zabraňuje přeměnu těchto buněk v buňky rakovinné (KOMPRDA, 2009; KASPER, 2015).

Rezistentní škroby se člení na čtyři subfrakce:

- RS_1: fyzikálně rezistentní škrob, který je tepelně stabilní. Kontakt mezi amylázou a škrobem je znesnadněn značnou velikostí škrobové částice (KASPER, 2015). Škrob lze nalézt v intaktních buňkách (neporušených zrnech a semenech) a v technologicky zpracovaných škrobnatých potravinách (špagety ze semolinové pšenice); (KOMPRDA, 2009).
- RS_2: nativní škrob s krystalickou strukturou škrobových zrn, která ztěžuje enzymatickou destrukci. Příkladem může být tepelně nezpracovaný škrob z brambor nebo zelených banánů, který se téměř nedestruuje.
- RS_3: retrogradovaný škrob. Oba jeho komponenty (amylóza a amylopektin) při náhlém ochlazení po předchozím zahřátí mohou rekrystalizovat, a tak přejít na formu nedostupnou α-amyláze (KASPER, 2015). Nalezneme jej ve starém (okoralém) chlebu.
- RS_4: chemicky modifikovaný škrob, který má zcela jiné vazby.

Rezistentní škroby příznivě ovlivňují funkci trávicího traktu, upravují pH tlustého střeva a tím příznivě působí na střevní mikroflóru. Regulují také hladinu cholesterolu v krvi.

Vyskytují se v obilovinách (40–90 %), bramborách (65–85 %), luštěninách (30–70 %) nebo v banánech. Uvádí se, že denní příjem škrobu je asi 3–6 g/den (KOMPRDA, 2009; MARKO et al., 2015).

3.3.2 Vláknina nerozpustná

Nerozpustnou vlákninu tvoří především celulóza, chitin, nerozpustné formy hemicelulóz přítomné zejména v pšenici, většině obilných výrobků a v zelenině. Dále lignin, lignocelulózy a nestravitelné složky přírodního škrobu. Nerozpustná vláknina netvoří viskózní roztoky a pouze částečně podléhá bakteriální fermentaci, zkracuje dobu průchodu tráveniny střevem a podporuje peristaltiku, zvětšuje objem stolice a vytváří měkčí výkaly (CHO, DREHER, 2001; MÜLLEROVÁ, AUJEZDSKÁ, 2014).

Protektivní vliv nerozpustné vlákniny v zažívacím traktu spočívá zejména v:

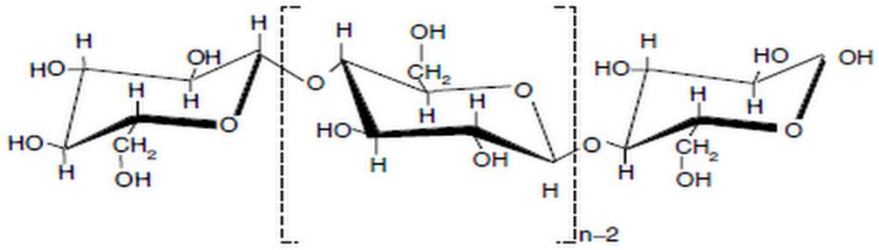
- ředění nebo vazbě karcinogenních látek ve zvětšeném obsahu střeva,
- redukci styků karcinogenů se střevem a omezení přístupu k resorpčnímu povrchu,
- změně metabolismu a vylučování žlučových solí,
- adaptaci mikroflóry na pravidelný a vyšší příjem vlákniny potravou,
- snížení pH vlivem vzniku rozkladných produktů (tj. kyseliny máselné) a má specifický energetický vliv na sliznici tlustého střeva (MÜLLEROVÁ, AUJEZDSKÁ, 2014).

Nedostatek nerozpustné vlákniny je hlavní příčinou zácpy, s čímž souvisí také dostatečný příjem tekutin, aby vláknina plnila svou roli v zažívacím systému (NILSSON, 1999). Dále přispívá k prevenci důležitých funkcí: zvyšuje sekreci slin, vyžaduje delší a intenzivnější žvýkání, také zpomaluje příjem další potravy a vyprazdňování žaludku, prodlužuje dobu sytosti a působí jako prebiotikum. Její nevýhodou je snížená resorpce důležitých látek z potravy (KUNOVÁ, 2011; KALAČ, 2003; STRÁNSKÝ, RYŠAVÁ, 2010).

Celulóza

Makromolekula celulózy je základním polysacharidem a stavebním prvkem buněčných stěn většiny vyšších rostlin a je hlavní složkou dřevní hmoty.

Celulóza (Obr. 1) je polymer D-glukózových jednotek spojených β-(1→4) glykosidovými vazbami. Vytváří lineární řetězec glukóz zpevněný intramolekulárními můstky mezi hydroxylovými skupinami na uhlíku C_3 a kyslíkem pyranózového cyklu a mezi hydroxyskupinami na C_2 a C_6. Díky hojnosti hydroxylových skupin lze vytvářet intra- a intermolekulární vodíkové vazby, což vede ke vzniku lineárních agregátů.



Obr. 1 Schéma celulózy (STEPHEN et al., 2006)

Makromolekula celulózy může obsahovat až 3000 glukózových jednotek a tvoří buď vlákna nebo mikrofibrily o tloušťce cca 10–20 nm s délkou několika µm a obsahem asi 30 až 100 molekul celulózy. Pevná a elastická celulózová vlákna nejsou rozpustná ve vodě, ani ve zředěných kyselinách a zásadách včetně většiny rozpouštědel (STEPHEN et al., 2006; HŘIVNA, 2014). Celulóza je v buňkách často doprovázena ligninem, hemicelulózou a pektinovými komponenty a také proteiny (DUMITRIU, 2004).

Má vysokou schopnost vázat vodu: 1 g celulózy váže 0,4 g vody (KASPER, 2015). Hojně se využívá v potravinářství jako nízkoenergetické plnidlo, stabilizátor pěn, v extruzních technologiích, nekalorické zahušťovadlo, je nosičem aromatických látek a často se využívají i jejich modifikace (HŘIVNA, 2014; VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009).

Nejvíce se vyskytuje v obilovinách a luštěninách (2–4 %), v pšeničné mouce (0,2–3 %), přičemž závisí na stupni vymletí a v otrubách (30–35 %); (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009).

Hemicelulóza

Jedná se o polymerní uhlohydrát, který je sestaven z pentóz a hexóz. Nachází se převážně v buněčných stěnách, kde vyplňuje prostory mezi celulózovými vlákny. Mezi hemicelulózy patří především: heteroglukany, heteroxylany a heteromanany. Hydrolyzáty hemicelulóz obsahují glukózu, xylózu, manózu, galaktózu, arabinózu, fukózu a uronové kyseliny (tj. glukuronovou a mannuronovou kyselinu v různých poměrech). Počet molekul cukrů v jedné molekule hemicelulózy je 150 až 200.

Chemická a tepelná stabilita je u hemicelulóz nižší než u celulóz díky nedostatku krystalinity a nižšímu stupni polymerizace. V přírodě se vyskytují jako vysoce hydroxylované polymery obvykle se třemi -OH skupinami pro každou řetězovou jednotku (DUMITRIU, 2004).

Hemicelulóza velmi dobře váže vodu a kationty. Za schopnost vázat kationty je odpovědná kyseliny uronová (KASPER, 2015).

Je významnou složkou pšeničné i žitné mouky a během zpracování má vliv na absorpci vody moukou, na viskozitu těsta a reologické vlastnosti. U kynutého pečiva a chleba významně zvětšuje objem, protože zadržuje CO_2, snižuje rychlost retrogradace škrobu a tím i stárnutí pečiva (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009).

Lignin

Jedná se o polymer fenylpropanu (tříslovin) se schopností vázat organické látky např. žlučové kyseliny (KASPER, 2015). Je to necukerný polymerní materiál trojrozměrné struktury (sítě) nerozpustný ve vodě, který fixuje a zpevňuje stěny buněk a působí tedy jako pojivo (INGLETT, FALKEHAG, 2012).

Prekurzorem často bývá sinapylalkohol, p-kumarylalkohol, koniferylalkohol (ferurylalkohol), které jsou nepravidelně vázány etherovými vazbami (C-O-C) nebo vazbami mezi dvěma atomy uhlíku (C-C). Nachází se především u vyšších rostlin, a bývá kovalentně spojený s hemicelulózou (NIELSEN, 2010). Lignin představuje hydrofobní složku dietní vlákniny. V tlustém střevě je odolný vůči degradaci, protože jsou štěpeny pouze vazby mezi ligninem a ostatními složkami. Jeho fyziologický účinek spočívá hlavně v adsorpci žlučových kyselin a karcinogenů (INGLETT, FALKEHAG, 2012).

Vyskytuje se především v dřevní hmotě, kde tvoří až 25 % biomasy. V menším množství doprovází vlákninu v ovoci, zelenině a obilovinách, protože má podobné

složení jako skořápkové plody. Vysoký obsah cca 8 % je v lignifikovaných sekundárních buňkách (tj. v aleuronových a subaleuronových buňkách obilovin). Výluhem z dubových sudů se dostává v množství několika mg/dm^3 také do lihovin (VELÍŠEK, HAJŠLOVÁ, 2009).

Chitin a chitosan

Chitin a chitosan jsou přirozeně bohaté a obnovitelné polymery s vynikajícími vlastnostmi.

Chitin je poly (β-(1→4)-N-acetyl-D-glukózamin), který je syntetizován obrovským počtem živých organizmů. V přírodě se vyskytuje v podobě uspořádaného krystalického mikrovlákna v exoskeletu členovců, buněčných stěnách hub a kvasinek. Je většinou nerozpustný jak ve vodě, tak v kyselinách.

Chitosan je poly (D-glukózamin), který se získává deacetylací chitinu v pevném stavu. Obsahuje minimum acetylované složky a je rozpustný v kyselinách.

Chitin i chitosan jsou považovány za hlavní složku krunýřů mořských krabů, krevet, langust, hmyzu a jsou produkovány také houbami a kvasinkami.

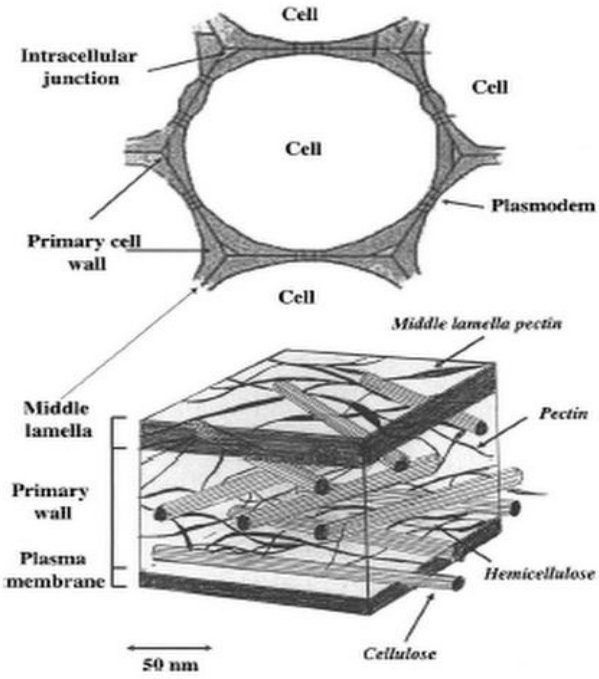
Využívají se k výrobě papírů, obvazových materiálů. Mají antibakteriální a fungistatické vlastnosti a dají se použít jako zahušťovadlo (RINAUDO, 2006). Přispívají k redukci zvýšeného cholesterolu a triglyceridů, vychytávají tuky přijímané v běžné stravě, čímž se omezí jejich vstřebání. Omezují růst střevních kvasinek *Candida albicans*, čímž se rychleji normalizuje střevní mikroflóra, zlepší se imunita a odolnost vůči karcinomům střev (FOŘT, 2005).

3.4 Struktura buňky a vlákna

Každá buňka v rostlině má svou specifickou funkci a sbírka těchto specializovaných buněk tvoří tkáň. Rostlinná buněčná stěna se liší od živočišných buněk přítomnosti plazmatické membrány a je tvořená prostřední lamelou složenou z pektinových látek. Celá stěna je tedy složená z pekto-celulózového materiálu.

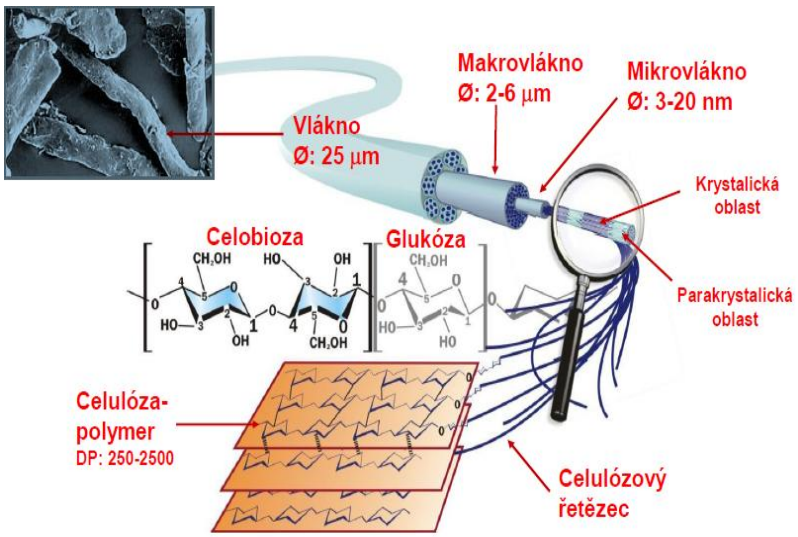
Ve skutečnosti je primární buněčná stěna „glykoproteinová vrstva“ složená z: pektinu, celulózy, hemicelulózy a proteinů, které se podílí na vytvoření „sekundární buněčné stěny“ (Obr. 2). Povaha sekundární buněčné stěny je závislá na typu buněk. Celulózová vlákna představují 20–30 % suchého materiálu stěny buňky a má především

trans membránovou funkci. Do prostoru kolem fibril je začleněn lignin a tvoří 10–30 % suché hmoty a udržuje mechanickou sílu stěny. Hemicelulóza vytváří matrici pro celulózové mikrofibrily zahrnující molekulární interakce, tj. vodíkové vazby a van der Waaslovy síly. Kromě toho mají také funkci buněčné signalizace nebo jako rezervní látky. Pektiny jsou hlavní složku dvouděložných vyšších rostlin, kde tvoří asi 35 % suché hmoty a jsou odpovědné za iontoměničovou kapacitu stěny a udržují pH uvnitř buněk. Stěna rostlinné buňky obsahuje také významné proteiny, které se podílejí na organizaci a metabolismu stěny. Tyto proteiny tvoří 5 hlavních tříd: extenzin (bohatý na hydroxyprolin), proteiny bohaté na glycin, prolin, lektiny a proteiny spojené s arabinogalaktany.



Obr. 2 Schéma buněčné stěny s rozmístěním hlavních polysacharidových složek (MCCANN et al., 1990)

Před konzumací vlákniny v jakékoliv podobě většinou předchází její úprava, a při tom se mění buněčné stěny a fyzikálně-chemické vlastnosti vlákna (tj. složení, rozpustnost, viskozita, kapacita zadržování vody a molekulová hmotnost); (NYMAN, HASKÁ, 2013). Na obrázku 3 je znázorněno celulózové vlákno, které je nejčastější složkou primární buněčné stěny a v rostlinných buňkách má největší zastoupení (DUMITRIU, 2004).



Obr. 3 Struktura vlákna (J. RETTENMAIER & SÖHNE, 2016)

3.5 Význam vlákniny a zdravotní účinky

Vláknina jako složka rostlinné potravy, která je nestravitelná v tenkém střevě má velmi dobrý zdravotní přínos pro člověka a působí preventivně před řadou civilizačních onemocnění (GORDON, 1999).

Její význam spočívá především ve „fyzikálních vlastnostech“, které příznivě ovlivňují mikroflóru střev a také v celkovém účinku na zdraví. Vlastnosti jsou odvíjeny od velikosti vláken, při jejím zpracování. Zásadní význam má fermentovatelnost vlákniny, která ovlivňuje střevní mikroflóru a tedy i funkci tlustého střeva. Vláknina rostlinného původu, především z otrub je fermentována za anaerobních podmínek, za vzniku produktů, zejména plynů (tj. vodíku, oxidu uhličitého a metanu), které jsou odváděny plicním systémem nebo dechem. Mezi další fermentační produkty patří tvorba některých alkoholů a těkavých mastných kyselin s krátkým řetězcem (SFA) hlavně kyseliny octové, propionové a máselné, které ovlivňují značně hladinu cholesterolu a absorpce těchto fermentačních produktů je zdrojem dostupných kalorií. V průběhu fermentace se zvyšuje hmotnost bakteriální populace, která může představovat 40–50 % z fekální suché hmotnosti (SPALLHOLZ et al., 1999; MULLIN et al., 2012).

Další důležitou fyzikální vlastností je hydratace (tj. schopnost vlákniny zadržet a pojmout značné množství vody a tudíž i bobtnat, čímž se ovlivní objem i konzistence

stolice) a schopnost vázat ionty kovů v tenkém střevě, které jsou opět uvolněny při fermentaci až v tlustém střevě (MULLIN et al., 2012).

Příjem vlákniny nabízí v souvislosti s fyzikálními vlastnostmi také mnoho zdravotních výhod a působí preventivně před řadou civilizačních onemocnění související s potravou.

Jedinci s vysokým příjmem vlákniny, především cereálních potravin mají výrazně nižší riziko vzniku ischemické choroby srdeční, mrtvice, hypertenze a ateroskleróz. Těmito nemocemi trpí více jak 80 % lidí. Vláknina váže celkový a LDL cholesterol, což podpoří jeho vyloučení a zabrání tak jeho hromadění se v těle.

Při zvýšeném příjmu rozpustné vlákniny se zlepšuje glykémie, díky zpomalenému vyprázdnění žaludku a sníženou rychlostí vstřebávání glukózy do krve, a také inzulínová citlivost u nediabetických i u diabetických jedinců.

U obézních jedinců podporuje výrazně hubnutí z důvodu potlačení hladu a navození stavu sytosti, protože má schopnost vázat vodu a zvětšit svůj objem. Nesmíme opomenout také její nízkou energetickou hodnotu.

Příjem vlákniny ovlivňuje také celou řadu onemocnění zažívacího traktu, tj. choroby jícnu, vředy dvanáctníku a divertikulózy, zácpu a vznik hemeroidů. Je prokázáno, že snižuje riziko kolorektálních nádorů, především rakoviny tlustého střeva a konečníku. Prebiotické druhy vlákniny ovlivňují spíše imunologické funkce (ANDERSON et al., 2009; ÖTLES, OZGOZ, 2015).

3.6 Doporučený příjem dietní vlákniny

Za výživových podmínek, které jsou běžné v západních zemích, se do tlustého střeva denně dostane cca 12–20 g neškrobových polysacharidů, 5–40 g rezistentního škrobu a 4–5 g oligosacharidů (KASPER, 2015).

V Evropě se doporučuje konzumovat vlákninu v takovém množství, aby bylo dosaženo žádoucích účinku. Literatura uvádí doporučený poměr nerozpustných a rozpustných neškrobových polysacharidů 3:1. Doporučený denní příjem je tedy 30 g/den. Bohužel v ČR je to méně než 20 g/den, proto vláknina neplní dostatečně svojí funkci (KOMPRDA, 2009). Jednou z výhod příjmu vlákniny je i příjem antioxidantů v celkem ucházejícím množství (PILCH, 1987; BUTRUM et al., 1988).

V Americe se doporučuje přijímat vlákninu od 20 do 35 g/den nebo 10–13 g na 1000 kcal pro dosažení účinku (uváděné hodnoty: dolní hodnota „20“ byla zvolena s ohledem na zvláštní zdravotní výhody např. zlepšení funkce střev a horní hodnota „35“ má zabránit možným škodlivým účinkům), ale bohužel toto množství přijímá asi jen polovina obyvatel Ameriky (KOHOUT, 2010; CHO, DREHER, 2001). Pro děti a dospívající doporučuje Americká nadace pro zdraví pravidlo „věk + 5 g“ (např. při váze dítěte 10 kg = 15 g dietní vlákniny); (KOMPRDA, 2009).

Na zřetel bychom měli brát také to, že doporučený denní příjem vlákniny se odvíjí od věku, pohlaví a celkového příjmu energie za den. Mužům se spotřebou energie 2600 kcal/den se doporučuje konzumovat 36 g/den vlákniny a ženám se spotřebou energie 2000 kcal/den se doporučuje konzumovat 28 g/den vlákniny. Je také prokázáno, že 5–10 g viskózní vlákniny denně redukuje hladinu LDL cholesterolu přibližně o 5 % (ANDERSON et al., 2009).

Nedostatek příjmu vlákniny zapříčiňuje vznik řady civilizačních chorob, rakoviny tlustého střeva, kardiovaskulárního onemocnění a hlavně obezity (DWYER, 1995; GINTER, 1998). U takto postižených lidí je už zapotřebí rady dietologa (MULLIN et al., 2012).

3.7 Zdroje vlákniny

V lidské výživě pochází vláknina z mnoha různých zdrojů, jako jsou suroviny a zpracované zeleniny, obiloviny, luštěniny, ovoce, ořechy a celá zrna. Ve většině případů jsou to především rostlinné zdroje.

Složení vlákniny se mění v závislosti na typu rostlinné tkáně a zastoupení jednotlivých druhů vláknin závisí na zralosti rostlin a na jejich částech, které konzumujeme. Typické pro buněčné stěny rostlin je vysoké procento celulózy, ligninu a obsahu popela, kterého je ve zralých buňkách méně, než v nezralých. Veliký vliv na složení vlákniny v rostlinách má především využívaná část rostlin, její zralost, skladování a zrání v různých podmínkách. V ovoci a zelenině je přece jen o něco méně vlákniny než v celozrnných potravinách, a to díky vyššímu obsahu vody (SLAVIN, 1987; PILCH, 1987). Jednotlivé složky vláknin v různých částech rostlin jsou uvedeny v Příloze 1.

Nejčastější zdroje rozpustné vlákniny: ovesné vločky, luštěniny, kapusta, většina ovoce (jablka, rybíz, citrusové plody, jahody, borůvky), zelenina (brambory, kořenová zelenina), částečně obiloviny, které obsahují jak rozpustnou, tak nerozpustnou vlákninu.

Nejčastější zdroje nerozpustné vlákniny: celozrnné cereálie, těstoviny, müsli, neloupaná rýže, luštěniny, ořechy, ovoce (jahody, rybíz), zelenina (hrášek), houby. Kvalitním zdrojem je také lněné semínko a pšeničné klíčky (PASTUCHA, 2011). Obsah vlákniny u vybraných druhů potravin je uveden v Příloze 2.

3.8 Základní vlastnosti izolované vlákniny aplikované do výrobků

TUNGLAND a MEYER (2002) dle svých poznatků tvrdí, že jednotlivé komponenty vlákniny izolované z různých částí rostlin mají řadu funkcí, ale i významné technologické vlastnosti ovlivňující jak zpracování, kvalitu, tak vlastnosti finálního výrobku.

Mezi primární vlastnosti izolované vlákniny patří:

Rozpustnost ve vodě – je ovlivněná především strukturou polymerního řetězce. Čím více je řetězec rozvětvený, tím větší má rozpustnost. Přítomnost ionizující skupiny (např. pektin – methoxylace), kombinace vazeb (1→3) a (1→4) a alternativní formy monosacharidových jednotek také zvyšují rozpustnost.

Viskozita – poskytuje významné reologické změny výrobků. Platí, že s narůstající molekulovou hmotností nebo délkou řetězce se viskozita zvyšuje. Vliv koncentrace použité vlákniny v roztoku, teplota, pH, rychlost zpracování a iontová síla závisí na druhu použité vlákniny. Vysokou viskozitu vykazují polymery s dlouhým řetězcem např. gumy (guarová guma, guma ze svatojánského chleba, tragantu) a využívají se jako zahušťovadla v potravinách v nízké koncentraci. Ovšem vysoce rozpustná vláknina s velice rozvětvenými nebo krátkými řetězci (tj. arabská guma, izolované arabinogalaktany, inulin a oligosacharidy) má naopak viskozitu nízkou a obvykle se využívá k úpravě struktury nebo reologii. Řídí migraci vody výrobkem, ovlivňuje koligativní vlastnosti potravinového systému a zlepšuje prodejnost produktů jako funkční potravina podporující zdraví. Zlepšuje také chuť výrobku, pocit v ústech a trvanlivost, aniž by významně změnila specifické vlastnosti daných výrobků.

Želatinace – je důležitou vlastností vlákniny při jejím přídavku do potravin. Díky tomu se může výrobek formovat a vytvářet různé struktury. Vytvořený gel (želatina) do sebe váže vodu a další komponenty z roztoku za vzniku pevné struktury. Tvorba gelu závisí na typu gumy, koncentraci, teplotě, přítomnosti iontů (např. vápníku), pH a jiných modifikátorů. Polymery gum, včetně guarové, arabské, karay, karagenanu a tragantu jsou schopné tvořit tento molekulární gel a jsou považovány za významné modifikátory a stabilizátory výrobků. Gel tvoří částečně i jiné polymery: jako je škrob, inulin a řasy, které ovlivňují celkově texturu výrobku.

Hydratace – schopnost hydratace neboli absorpce vody vlákninou závisí na mnoha faktorech. Mezi základní vlivy patří: druh vlákniny, délka vláken, velikost částic a pórovitost. Mezi další vlivy se řadí: pH, iontové síly, koncentrace dané vlákniny a interakce s jinými vazbami bezvodých složek (tj. cukr, škrob, mouka).

Vázání oleje – vaznost oleje je závislá na struktuře a pórovitosti vlákna. Je to méně žádoucí vlastnost. V tomto procesu je velice důležitou vlastností hydratace, tedy vázání vody vlákninou, která zabírá větší část, čímž je snížena vaznost oleje. Toho se využívá např. při smažení. Konečný výrobek obsahuje méně tuku, což se projeví na kvalitě a křehkosti výrobků.

Výměna kationtů – některé rostlinné druhy vláknin mají schopnost vázat kationty (např. vápník, kadmium, zinek a měď). Tuto schopnost mají např. nemethylované zbytky galakturonové kyseliny a kyseliny fytové z obilovin.

Výměna kationtů je ovlivněná typem vlákniny, hodnotami pH, iontovou silou a chemickou povahou kationtů.

Všechny zmíněné vlastnosti izolované vlákniny ovlivňují vývoj potravinářských výrobků, přispívají k jejich produkci, ovlivňují kvalitu stravování, skladovatelnost a většina z nich má také významný zdravotní přínos.

3.9 Toustový chléb

Chléb je pekařský výrobek s bohatým zdrojem škrobu a komplexních sacharidů, a proto je nezbytnou součástí kvalitní a vyvážené stravy. Tradiční chléb je vyrobený z pšeničné mouky, která má jedinečnou schopnost po smísení s vodou vytvářet těsto a zadržet plyn v průběhu kvašení. V současnosti je považován za vhodný zdroj energie, což přispívá k vyššímu stupni nasycení. Negativním atributem je cena chleba, krátká skladovatelnost a nižší kvalita, která souvisí s průmyslovou velkovýrobou (GELLYNCK, KÜHNE, et al. 2009).

Toustový chléb nebo také „formový“ chléb se oproti tradičním středoevropským chlebům, které se volně sází do pece, peče převážně v hranatých formách o různé velikosti. Toustový chléb vyráběný v ČR nemá tak jemnou a vylehčenou strukturu střídy jako v anglicky mluvících zemích. Střída je tuhá, lehce drobivá a připomíná spíše tradiční typ evropského chleba (DOSTÁLOVÁ, KADLEC, 2014).

Pekařský výrobek

Vyhláška MZe č. 182/2012 Sb. v aktuálním znění definuje pekařský výrobek*: „Pekařskými výrobky se rozumí výrobky získané tepelnou úpravou těst nebo hmot, jejichž sušina je v převažujícím podílu tvořena mlýnskými obilnými výrobky s výjimkou šlehaných hmot a sněhového pečiva“.*

Chléb

Vyhláška MZe č. 182/2012 Sb. v aktuálním znění definuje chléb: *„Chlebem se rozumí pekařský výrobek kypřený kvasem, popřípadě droždím, ve tvaru veky, bochníku nebo formový s výjimkou netradičních druhů chleba, o hmotnosti nejméně 400 g s výjimkou krájeného chleba a netradičních druhů chleba".*

3.10 Základní suroviny pro pekařské výrobky

DOSTÁLOVÁ a KADLEC (2014) uvádí, že základními surovinami pro pekařské výrobky jsou:

- pšeničná mouka (hladká světlá nebo polosvětlá pro jemné a běžné pečivo; pšeničná mouka chlebová a žitná pro chlebové výrobky),
- voda,

- sůl,
- pekařské droždí pro biologicky kypřené výrobky.

Mezi další „pomocné“ suroviny patří především tuk (převážně rostlinné oleje a sádlo), cukr, mléčné produkty, vejce, chemická kypřidla, zlepšovací přísady (oxidanty, emulgátory, enzymy a látky vážící vodu), dále aromatizující, ochucující a barvící látky (KUČEROVÁ, 2004).

3.10.1 Mouka

Obiloviny, které považujeme za vhodné pro výrobu chleba a pečiva (tj. pro pekárenské výrobky) nazýváme chlebové obiloviny, mezi něž patří hlavně pšenice a žito. Pšenice je světově nejrozšířenější obilovinou pro pekařské využití, a často se považuje za strategickou surovinu (PŘÍHODA et al., 2003).

Dle vyhlášky MZe 182/2012 Sb. v aktuálním znění se moukou rozumí *„mlýnský obilný výrobek získaný mletím obilných zrn, pohanky a rýže a tříděný podle velikosti částic, obsahu minerálních látek a druhu použitých obilných zrn, pohanky a rýže“*.

Mouka tvoří 60, ale i více % z celkové hmotnosti těst a různí se svým stupněm vymletí (obsahem popela); (KUČEROVÁ, 2004). Je důležitá pro dobrou pečivost výrobků, neboť během pečení dochází k fyzikálně chemickým změnám hlavně u škrobu a lepku a výrobek dostává správný tvar, klenutost, objemnost a pórovitost. V menší míře je využita při vyvalování, tvarování a moučení (BLÁHA, ŠREK, 1999).

Vlastnosti mouky se odvíjí od základní stavební struktury obilného zrna, chemického složení, reakcí probíhajících uvnitř zrna během zrání, vymílání mouky a skladování (PŘÍHODA et al., 2003). BLÁHA a ŠREK (1999) uvádí průměrné složení pšeničné mouky odvozené od stupně vymletí: 14 % tvoří voda, 62–80 % škrob, 2 % cukry, 12–17 % bílkoviny, 0,12–2,5 % vláknina, 1–4 % tuk, 2–9 % pentozany, 0,4–2,5 % minerální látky, menší množství vitamínů B_1, B_2, PP a enzymy.

Základním typem pšeničné mouky pro pekárenské využití je „hladká mouka“ T 530 s obsahem popela do 0,60 % v sušině. Pro průmyslové zpracování se používají spíše mouky pšeničné chlebové T 700 – „chlebová světlá“, T 1050 nebo T 1000 – „chlebová tmavá“ (PŘÍHODA et al., 2003).

Technologicky významné složky zrna

Sacharidy – tvoří značnou část zrna. Patří sem převážně monosacharidy (pentózy – arabinóza, xylóza, ribóza; hexózy – glukóza, fruktóza, galaktóza a manóza), oligosacharidy (maltóza, sacharóza) a polysacharidy, jejichž významným představitelem je škrob. Dále stavební (strukturní) neškrobové polysacharidy tj. celulóza, hemicelulóza, lignin, žitné pentozany, ječné a ovesné β-glukany, které tvoří podstatnou část vlákniny.

Škrob – je nejvýznamnější polysacharid obsažený především v endospermu a tvoří 60–75 % sušiny obilek (KADLEC et al., 2012). V obilovinách je přítomen ve formě škrobových zrn o různé velikosti. Skládá se ze dvou frakcí: amylózy, která představuje asi 25 % z celkového množství škrobu a je rozpustná ve vodě za studena, a amylopektinu, který tvoří asi 75 % z celkového množství škrobu a ve vodě pouze bobtná. Základní jednotkou obou frakcí je molekula glukózy. U amylózy jsou molekuly glukózy spojené α-1,4 glykosidickou vazbou a u amylopektinu nejčastěji vazbou α-1,6 (PŘÍHODA et al., 2004).

Díky fyzikálním vlastnostem má schopnost bobtnat, mazovatět a retrogradovat. Škrobová zrna ve studené vodě mírně bobtnají, přičemž přijmou asi 30 % vody a se zvyšující se teplotou je bobtnání intenzivnější. Teploty mazovatění jsou různé, avšak počátek mazovatění je okolo 55–70 °C. Konec mazovatění a nejvyšší viskozita škrobového gelu je při teplotě o 15–20 °C vyšší. Škrobový maz představuje viskózní a téměř čirou kapalinu. Následně po ochlazení dojde k vytvoření škrobového gelu, který je hlavním nositelem vláčnosti a obsažené vody ve střídě výrobků. Škrob je biochemicky hydrolyzován amylolytickými enzymy: α-amylázou, která převažuje a β-amylázou. Dále škrob představuje významný zdroj zkvasitelných cukrů pro kvasinky během biologického kypření těsta (KADLEC et al., 2012).

Dusíkaté látky/bílkoviny – bílkoviny neboli proteiny jsou biopolymery, jejichž molekuly dosahují někdy ohromných rozměrů.

Už v roce 1907 byly bílkoviny rozděleny do 4 základních skupin dle jejich rozpustnosti:

- albuminy – rozpustné ve vodě,
- globuliny – rozpustné v roztocích solí,

- prolaminy – rozpustné v 70 % etanolu,
- gluteliny – částečně rozpustné ve zředěných roztocích kyselin a zásad.

Dominantní aminokyselinou je kyselina glutamová přítomná ve formě glutaminu. Dále prolin, který díky své struktuře dává předpoklad k vytvoření pružné prostorové bílkovinné struktury pšeničného těsta a nízká koncentrace lysinu (PŘÍHODA et al., 2004).

Pro nás jsou z technologického hlediska nejvýznamnější zásobní proteiny tj. prolaminy (gliadiny) a gluteliny (gluteniny). Tyto proteiny bobtnají pouze omezeně a během hnětení za přítomnosti vzdušného kyslíku tvoří pevný gel nazývaný „lepek“. Lepek tvoří vlastní kostru těsta. Jeho jedinečnou vlastností je tažnost, kterou poskytuje pšeničný prolamin a pružnost, kterou poskytuje pšeničný glutelin.

Lipidy – obilná zrna jsou prakticky chudá na lipidy, protože se vyskytují převážně v klíčcích. Obsahují maximálně okolo 2 % lipidů, hlavně triacylglycerolů. Bylo dokázáno, že vyšší podíl polárních lipidů má zlepšující vliv na objem pšeničného pečiva.

Vitamíny – obiloviny jsou nejčastějším zdrojem vitamínu B (hl. B_1, B_2).

Minerální látky – jsou označovány jako „popel“, což znamená anorganický zbytek po spálení rostlinného materiálu. Obsah popela je cca 1,25–2,5 % v celých zrnech. Se stoupajícím stupněm vymletí obsah popela stoupá, protože se v mouce zvýší podíl obalových vrstev, ve kterých se popel převážně vyskytuje (KADLEC et al., 2012).

3.10.2 Voda

Zásadním požadavkem při použití vody v potravinářském průmyslu je její zdravotní nezávadnost, kterou musí výrobní podnik sám zajistit. Pitná voda by měla být bezbarvá, čirá, bez zákalu, prostá pachu a chuti (BLÁHA, ŠREK, 1999).

Vodu v kapalném stavu tvoří polární molekuly H_2O, kde vodíky mají elektropozitivní charakter a kyslík elektronegativní charakter. Vodíkové atomy proto vytváří ne moc silné vodíkové vazby, které mohou být snadno přemisťovány v závislosti na teplotě. Část vody se váže na škrob a část se váže na polární skupiny

bočních řetězců aminokyselin v bílkovinách. Při výrobě těsta škrob naváže asi 45 % vody, pšeničné bílkoviny 31 % a pentozany asi 24 % vody.

Ukazatelé kvality vody:

- Tvrdost: představuje obsah rozpuštěných vápenatých a hořečnatých solí ve vodě.
- Alkalita/kyselost: tento ukazatel ovlivňuje fermentaci těsta kypřených droždím a způsobuje menší objem pečiva (PŘÍHODA et al., 2003).

Pro výrobu se využívá převážně pitná voda o střední tvrdosti (120–18 ppm vápenatých a hořečnatých iontů); (KUČEROVÁ, 2004).

3.10.3 Sůl

Chlorid sodný neboli jedlá sůl patří do základních surovin, která se přidává prakticky do všech pekařských výrobků. Vyhláškou MZe č. 331/1997 Sb. v aktuálním znění se *„jedlou solí rozumí krystalický produkt obsahující nejméně 97 % chloridu sodného v sušině, popřípadě může být obohacená potravním doplňkem“*.

Její významnost spočívá ve slané chuti, ale působí také jako chuťové plnidlo a dotváří plnost a vyrovnanost výrobků. Z technologického hlediska je významným elektrolytem, protože ve vodném prostředí způsobuje ztužení lepkové bílkoviny a tím upevňuje strukturu těsta, ale současně se také snižuje vaznost mouky a prodlužuje se doba vývinu těsta (DOSTÁLOVÁ, KADLEC, 2014). Dále se uvádí, že cca 1,5 % soli omezuje činnost kvasinek a snižuje tvorbu CO_2 až o 20 % (PŘÍHODA et al., 2003).

Pekaři používají pravidlo: 2 % soli (nejlépe jemně mleté) na 500 g mouky do chuťově výraznějších chlebů (ARMBRUST, 2014).

3.10.4 Droždí

Vyhláškou MZe č. 330/2013 Sb. v aktuálním znění se *„droždím rozumí kvasinky Saccharomyces cerevisce Hansen, rasy drožďárenské, získané biotechnologickým postupem množení čistých kvasničných kultur vypěstovaných na cukerných substrátech obohacených živinami, simulátory a pomocnými látkami“*.

V pekárenské výrobě zastává droždí 3 důležité funkce:

- zvyšuje objem těsta kypřícími plyny, především CO_2, což je konečný produkt fermentace,

- mění strukturu těsta,
- ovlivňuje senzorické vlastnosti výrobku.

V průběhu fermentace vznikají v těstě kromě CO_2 a etanolu další metabolity (tj. aldehydy, ketony, alkoholy a jiné karbonylové sloučeniny, které přispívají k vůni a chuti pečiva); (PŘÍHODA et al., 2003).

Použití kvásku je tradiční způsob, jak zlepšit kvalitu a nutriční hodnotu chleba. SHARARE et al., (2014) zkoumali vliv přídavku šesti íránských kmenů rodu *Lactobacillus*. Uvádí, že bakterie *Lactobacillus delbrueckii* a *Lactobacillus fermentum* vykazují největší antifungální aktivitu a přispívají k lepšímu aroma, chutnosti a textuře chleba. *L. delbrueckii* je vhodný jako startér do pšeničných těst. DIDAR et al., (2010) také tvrdí, že bakterie mléčného kvašení tj. *Lb. plantarum a Lb. reuteri* významně snižují obsah nežádoucí kyseliny fytové obsažené v pšeničné mouce, která je základní surovinou toustových chlebů.

3.10.5 Tuk

Tuky používané v pekárenské výrobě jsou jak rostlinného, tak živočišného původu. Jsou to sloučeniny mastných kyselin a glycerolu (BLÁHA, ŠREK, 1999).

3.11 Firma J. RETTENMAIER & SÖHNE (JRS)

J. RETTENMAIER & SÖHNE (JRS) je německá společnost, která byla založená před více než 135 lety a sídlí ve městě Rosenberg v Německu.

Společnost se zabývá převážně výzkumem, vývojem a zpracováním vysoce kvalitních organických vláknin získaných z rostlinných surovin. Vlákniny pak zpracovávají do podoby granulí, mikrovláken, kompaktů nebo vytváří směsi a speciální lékové formy. Při své práci zohledňují také ekologický a ekonomický dopad.

Firma má velice silnou pozici na trhu, protože vlastní 31 výrobních závodů v Evropě a zámoří. Jejich klíčové slovo je „globalista trhu“ (J. RETTENMAIER & SÖHNE, 2016).

4 MATERIÁL A METODIKA

V praktické části byla aplikována vláknina VITACEL® do těsta při výrobě a pečení toustových chlebů a následně byl zkoumán její vliv na kvalitu. Toustové chleby byly obohaceny o vlákninu pšeničnou (WF 600), bramborovou (KF200), jablečnou (AF 12) a o kombinaci pšeničné vlákniny s psylliem (WF 600 + P95). Všechny tyto druhy vlákniny byly aplikovány v množství 3 %, 6 % a 9 % ke standardní receptuře.

4.1 Materiál

Vláknina VITACEL®

Vláknina VITACEL® je multifunkční koncentrát potravní vlákniny na rostlinné bázi s podílem zbytkové vlákniny až 99 %. Většina z nich je tvořená nerozpustnými organickými vlákny, která jsou získávána pomocí přesně definovaných termo-fyzikálních procesů. Tento výrobek produkovaný německou firmou J. RETENMAIER & SÖHNE je označen ochrannou známkou ®, která odlišuje výrobek od ostatních.

Významné funkční vlastnosti: stabilizátor těst, zahušťovadlo, želírující látky, tukové náhražky, působí nezávisle na teplotě, tlaku a pH, vysoká mikrobiologická bezpečnost výrobků, skladovatelnost až 2 roky, vysoká kapacita zadržování vody, tepelná stabilita, vysoká aktivita, výborné technologické, ekonomické a nutriční aspekty.

Pšeničná vláknina (WF 600)

Pšeničná vláknina, jejíž struktura a tvar je znázorněn v Příloze 3 je získávána speciálním extrakčním procesem ze strukturních částí rostlin a její stabilizace a desintegrace probíhá pomocí sušení. Je to výborný koncentrát, protože obsahuje až 97 % vlákniny (z toho celulóza tvoří až 74 %, hemicelulóza 26 % a lignin do 0,5 %). Délka vlákna je asi 80 µm a šířka 20 µm. Optimální vaznost vody je 490 %, ale doporučená vaznost je 400 % (s poměrem 1:4). Díky koncentraci lze do výrobků aplikovat menší množství vlákniny pro dosažení žádoucího účinku.

Charakteristika:

- zpravidla má bílou barvu, neutrální chuť a je bez zápachu,

- není rozpustná ve vodě,
- absorpce tuků a oleje je 400 %,
- tvoří synergický efekt s hydrokoloidy a proteiny,
- má schopnost tvořit trojrozměrnou síť, čímž zlepšuje strukturu výrobku,
- je významná tím, že obsahuje méně lepku jak 10 mg/kg a nese označení „bez lepku“.

Použití: často se aplikuje do pekařských výrobků, těstovin, sýrových výrobků, extrudátů, sušenek a potravin určených pro celiaky.

Bramborová vláknina (KF 200)

Významnou roli při získávání této vlákniny hraje především sušení. Při rozmíchání s vodou nám připomíná jemně nastrouhané bramborové těsto. Koncentrace této vlákniny je minimálně 67 %, ale často se uvádí 74 % koncentrace (z toho celulóza a hemicelulóza tvoří asi 62 % a škrob 12 %). Velikost vláken se pohybuje od 80 do 250 µm. Optimální vaznost vody je minimálně 1000 %, ale doporučená vaznost při použití v těstě je 700 až 600 % (s poměrem 1:6). Bramborová vláknina (viz. Příloha 4) je významným nutričním doplňkem stravy a riziko alergických reakcí je minimální.

Charakteristika:

- má světle hnědou popřípadě béžovou barvu,
- struktura: mikro prášek,
- vyniká svou charakteristickou bramborovou chutí,
- absorpce tuků a oleje činí 2,5 g oleje/g vlákniny.

Použití: maso a masné výrobky, pekařské výrobky, náplně, výrobky z brambor a obohacování vegetariánských a veganských jídel.

Jablečná vláknina (AF 12)

Získává se sušením extrahovaných výlisků biologicky pěstovaných jablek a mletí probíhá spíše nasucho. Vyniká svou charakteristickou až pronikavou jablečnou chutí. Neobsahuje kyselinu fytovou ani gluten. Obsahuje značné množství nativního pektinu a rozpustné dietní vlákniny, proto se využívá hlavně k zahušťování výrobků. Koncentrace této vlákniny je 55 %. Struktura a tvar vlákniny je znázorněn v Příloze 5. Velikost částic je < 900 µm. Optimální vaznost vody je 500 %, ale doporučená vaznost při aplikaci do výrobků je 250 % (s poměrem 1:2,5).

Charakteristika:

- má světle hnědou barvu a organický původ,
- vůně je typická po použitém ovoci, což vyvolává velmi příjemný pocit při konzumaci.

Použití: pekařské výrobky, sušenky, müsli, ovocné tyčinky, jogurty a nápoje.

Psyllium (P 95)

Vláknina psyllium (viz. Příloha 6) je přírodní látka, která se získává ze semen jitrocele vejčitého mechanickým rozrušením, extrakcí, sušením a mletím na požadovanou velikost. Má velikou bobtnací schopnost a při styku s vodou vytváří gel. Je tvořeno převážně rozpustnou vlákninou.

Koncentrace této vlákniny je asi 80 %. Velikost vláken je 250 μm a optimální vaznost vody je 2000 %.

Charakteristika:

- má světle hnědou barvu,
- významný nutriční doplněk stravy, hlavně v dietě a při zažívacích obtížích.

Použití: snídaňové cereálie, pekařské výrobky, dietní doplňky, masné výrobky, jogurty.

Podrobnější složení použitých vláknin (přepočtené na 100 g vlákniny) je uvedeno v Příloze 7.

Pšeničná mouka hladká T 550

Vlastnosti použité mouky:

- Obsah dusíkatých látek – 13,2 %
- Číslo poklesu (pádové číslo) – 285 s
- Sedimentační hodnota (Zelenyho test) – 38 ml

Dodavatel mouky: Mlýn Alfa Pouzdřany

Dále byla použita **jedlá sůl, čerstvé lisované droždí, pitná voda, ledová tříšť, slunečnicový olej** (ARO – Sunflower Oil) a **vepřové sádlo** škvařené.

Základní výživové údaje použitých surovin deklarované výrobcem na obalu (přepočtené na 100 g/100 ml) jsou uvedeny v Příloze 8.

4.2 Metodika

4.2.1 Pekařský pokus

Pekařský pokus považujeme za pokusnou metodu, která dokáže nejlépe ověřit recepturu v praxi a je použitelná za běžných provozních podmínek. Kvalita výsledků pekařského pokusu je ovlivněná zejména kvalitou vstupních surovin a použité receptuře, způsobem hnětení, kynutím za daných podmínek a konečným pečením.

Navržená receptura

Receptura byla navržena ve spolupráci s panem Ing. Honzíkem, který zastupuje firmu J. RETTENMAIER & SÖHNE pro ČR a SR. Je to základní receptura, která je považována za standard (Tab. 3).

Tab. 3 Standardní receptura

Ingredience	**Navážka [g]**
Pšeničná mouka T 550	500
Sůl	10
Droždí čerstvé	25
Tuk (sádlo)	50
Slunečnicový olej	25
Voda (z toho 10 % ledová tříšť)	262,5

K této receptuře bylo přidáno vypočtené množství vlákniny tj. 3 %, 6 % a 9 % a stanovené množství vody na vlákninu (tj. množství vody, kterou je vláknina schopná pojmout), což uvádí tabulka 4. Při výpočtu navážek byla brána v úvahu také vláknina obsažená v mouce (0,5 g/100 g), skutečná koncentrace použité vlákniny a doporučená vaznost vody vlákninou dle výrobce.

Tab. 4 Množství vypočtené vlákniny a obsah vody na vlákninu

Druh vlákniny	3 %		6 %		9 %	
	Vláknina [g]	**Voda [g]**	**Vláknina [g]**	**Voda [g]**	**Vláknina [g]**	**Voda [g]**
WF 600	12,89	51,54	28,35	103,1	43,8	154,6
KF 200	18,66	111,93	41,05	223,86	63,44	335,79
AF 12	22,73	56,8	50	113,6	77,3	170,4
P 95 + WF 600 (poměr 3:7)	4,08 P + 9,52 WF	108,8	8,98 P + 20,95 WF	217,6	13,87 P + 32,38 WF	326,4

WF 600 – pšeničná vl., KF 200 – bramborová vl., AF 12 – jablečná vl., P 95 – psyllium.

Pekařský pokus i veškerá stanovení byly provedeny celkem 2x v pekařském poloprovozu na univerzitě MENDELU v Brně, který je pro tyto pekařské pokusy vybaven. Použité suroviny byly odebírány přímo z místnosti určené ke skladování surovin za přesně řízených podmínek.

Příprava těsta – těsto bylo připraveno „na záraz“, což je přímé vedení pšeničných těst, kdy suroviny jsou do díže po jejich navážení dávkovány současně a ihned se vymíchávají a hnětou v těsto.

Hnětení – ke hnětení těsta byl použit rychle hnětač značky *Philips* se dvěma rychlostními stupni. Nejprve se hnětalo 2 minuty na prvním rychlostním stupni a poté 6 minut na druhém rychlostním stupni. Před hnětením se temperovala voda přídavkem šupinkového ledu v množství asi 10 % z celkové hmotnosti použité vody, aby teplota těsta nestoupla na více jak 26 až 28 °C při hnětení, což by mohlo ovlivnit činnost kvasinek.

Předkynutí – po vyhnětení těsta uloženého v plastových mísách následovalo předkynutí v předem vytemperované boxové kynárně od firmy Artos při teplotě 42 °C a relativní vlhkosti 68 % v délce 20 minut.

Tvarování a dokynutí – ihned po předkynutí se těsto ručně dělilo na dvě stejné poloviny, které se rovnoměrně uložily do olejem vymazaných hliníkových forem. V kynárně za stejných podmínek proběhlo dokynutí v délce 25 minut. Po závěrečném dokynutí se těsto před uzavřením a vložením do pece zvážilo.

Vlastní pečení – proběhlo v předem vytemperované horkovzdušné rotační boxové peci od firmy Artos při teplotě 220 °C v čase 35 minut. Během celého procesu pečení byly formy uzavřené hliníkovým víčkem.

Při pečení došlo k významným koloidně chemickým změnám, kdy se těsto změnilo ve střídu. Při teplotě nad 60 °C došlo k denaturaci bílkovin, které částečně uvolnili vázanou vodu a současně se zvyšující se teplotou došlo k mazovatění škrobu. Počátek mazovatění nastal už při teplotách 55–67 °C. Úplná koagulace bílkovin nastala při teplotě 70–80 °C za vzniku lepkové kostry, která do sebe uzavřela vzniklý CO_2, čímž se vytvořily póry. Během pečení se vytvořilo také typické aroma a kůrka chleba (KUČEROVÁ, 2004).

Po 35 minutách pečení byly chleby ihned vyjmuty z forem a nechaly se volně vychladnout na nerezových stolech, aby se stabilizovala střída. Po úplném vychlazení byly vloženy do mikroténových sáčků z důvodu okorání. Vlastní vyhodnocení proběhlo následující den, tedy za 24 hodin po upečení. Toustové chleby byly zváženy, změřeny, byla provedena senzorická analýza pomocí navrženého senzorického dotazníků, dále byla naměřená barva střídy a v poslední fázi byly chleby podrobeny tahové/tlakové zkoušce na TIRA testu v průběhu 2 dní (tj. 24 a 48 hodin po upečení).

4.2.2 Vyhodnocení

Stanovení hmotnosti těst a chlebů

Hmotnost těst a upečených toustových chlebů byla zjištěna vážením na klasických digitálních váhách s přesností na 0,1 g. Těsto se zvážilo po dokynutí a následující den po upečení.

Stanovení poměrového čísla

Poměrové číslo (PČ) je významným ukazatelem, který udává přesný tvar výrobku. PČ je bezrozměrná veličina s optimální hodnotou pro toustové chleby 0,9 [-] (HONZÍK, 2016). Získává se vydělením průměrné výšky průměrnou šířkou výrobku. Údaje byly naměřeny pravítkem v požadovaných místech výrobku.

$$\text{PČ} = \frac{v}{d}\text{, kde}$$

v…výška chleba [mm]; d…šířka chleba [mm]

Stanovení ztrát pečením

Ztráty pečením neboli „propek“ jsou technologické ztráty způsobené odpařením určitého množství vody během pečení. Jsou ovlivněny zejména tvarem a hmotností

výrobku, způsobem pečení, dobou a teplotou pečení, celkovou vlhkostí těsta a druhem použitých surovin. Tyto ztráty se vyjadřují v %.

$$Zp = \frac{mt - mv}{mt} * 100, \text{ kde}$$

mt…hmotnost těsta [kg]; *mv*…hmotnost upečeného výrobku [kg]

Stanovení objemu pečiva

Měrný objem pečiva je významný ukazatel pekařského pokusu a vyjadřuje se v ml/100 g výrobku. Ke stanovení objemu byl použit kalibrovaný objemoměr (Obr. 4) od firmy Mezos a.s. Princip tohoto měření spočívá ve stanovení změny objemu semene prosa, který odpovídá objemu testovaného pečiva.

Obr. 4 Objemoměr od firmy Mezos a.s. (VLASTNÍ FOTO)

Postup: Horní dvířka objemoměru se otevřely a na jehly byl napíchnut měřený výrobek. Po uzavření dvířek se přístroj pevně uchopil za tyče nosné konstrukce a otočil se o 180° v čase 2 až 3 sekund. Po provedení úkonu byl na stupnici odečten objem výrobku. Kvůli přesnosti musel být u všech výrobků dodržen stejný postup měření.

Stanovení obsahu vody

Metoda dle normy ČSN 56 0116-3 je využívána pro stanovení obsahu vody u všech pekařských výrobků. Obsah vody je znám jako úbytek hmotnosti vzorku po vysušení, zjištěný za podmínek specifikovaných touto normou.

Postup: Nejprve byla zvážena prázdná hliníková vysoušečka s víčkem s přesností na 0,001 g po vysušení při teplotě 130 °C po dobu 30 minut. Poté bylo od každého

vzorku naváženo 10 g s přesností 0,001 g. Vzorky se následně sušily v elektrické sušárně při 130 °C ± 2 °C po dobu 1 hodiny s odklopeným víčkem. Po ukončení sušení se misky uzavřely, vložily do exsikátoru a po vychladnutí opět zvážily s přesností 0,001 g. Stanovení bylo provedeno celkem dvakrát. Poté byl z hmotnostního úbytku stanoven obsah vody (w), který byl vyjádřen v hmotnostních %:

$w_{H2O} = 100 * (m–m_{suš})/m$, kde

m…hmotnost vzorku před vysušením [g]; $m_{suš}$…hmotnost vzorku po vysušení [g]

4.2.3 Senzorické hodnocení toustových chlebů

Senzorická analýza je definována jako analytická metoda, při níž se tzv. organoleptické vlastnosti potravin stanoví výhradně lidskými smysly a je významná v tom, že postihuje takové kvalitativní ukazatele, které není možno úplně charakterizovat přístrojovou technikou. Senzorická analýza je součástí procesu kontroly jakosti a bezpečnosti potravin (VÍTOVÁ, 2011). Výsledky senzorické analýzy mohou být ovlivněny řadou činitelů, které musí být v souladu s normou ČSN ISO 8589.

Senzorická analýza toustových chlebů byla provedena za podmínek, které stanovují mezinárodní normy ČSN ISO 8589. Senzorické hodnocení všech vzorků probíhalo v určené senzorické laboratoři na Ústavu technologie potravin Mendelovy Univerzity v Brně. Toustové chleby byly hodnoceny následující den po upečení. K hodnocení bylo přizváno 10 školených hodnotitelů s dobrým zdravotním stavem, kteří byli obeznámeni s hodnotícím formulářem pro 13 vzorků, který je uvedený v Příloze 9.

Hodnotící formulář pro senzorické vyhodnocení chlebů byl navržen pod vedením paní Ing. Viery Šottníkové, Ph.D. K hodnocení byly použity stupnice o délce 100 mm, přičemž 1 mm odpovídal 1 bodu. Při vyhodnocení bylo bráno v úvahu, že čím méně bodů výrobek získal, tím lepší byl výsledek hodnocení. Výsledky byly zaznamenány rovným znakem na úsečce, dle senzorické přijatelnosti. Jednotlivé stupnice jsou slovně okomentovány, dle charakteru jednotlivých parametrů od nejlepšího po nejhorší.

V senzorickém hodnocení toustových chlebů byly hodnoceny tyto znaky:

Celkový objem a tvar chleba – hodnotil se pravidelný *tvar* výrobku, vykynutí a klenutost.

Kůrka – u kůrky se hodnotila intenzita *zbarvení* povrchu, dle stupně upečení výrobku. Pohybovala se od světle hnědé/zlatavé, přes středně hnědou až tmavě hnědou.

Dále se hodnotila *tloušťka* kůrky od tenké, přes středně silnou až silnou kůrku. *Tvrdost a elasticita kůrky* od měkké a příjemné, přes středně tvrdou až tvrdou či tuhou.

Střída + kůrka – zde byla hodnocená *vůně* výrobku od příjemné a charakteristické vůně po surovinách přes čistou vůni až k málo výrazné, či neúplné vůni.

Střída – u posuzované střídy se hodnotila *pórovitost*, především pravidelnost, velikost a rovnoměrné uspořádání póru ve střídě, dále se posuzovala *vlhkost* střídy, zda je stejnoměrná, příjemná či nerovnoměrná, málo vlhká až suchá, většinou přiložením na rty. Dalším znakem byla *kyprost* střídy, kde se zohledňovala kyprost a nadýchanost výrobku. Nakonec se hodnotila *chuť* od příjemné a charakteristické chuti až po netypickou a málo chutnou.

Celkový dojem/senzorická přijatelnost – hodnocení celkového dojmu zahrnovalo závěrečné shrnutí celého výrobku, zda byl senzoricky přijatelný, čili vynikající, popřípadě neuspokojivý a nepříjemný.

4.2.4 Tahová/tlaková zkouška – TIRA-test

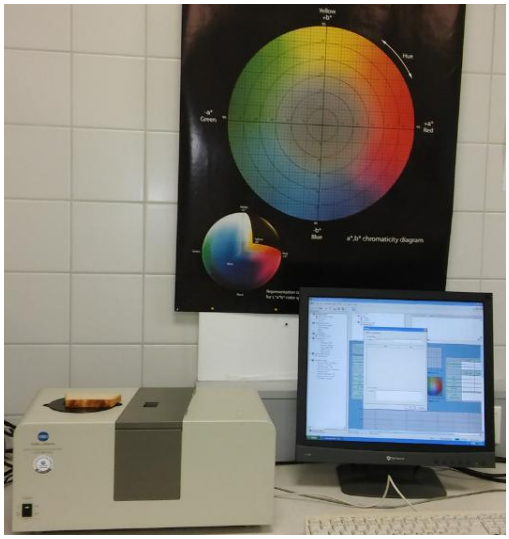
TIRA-test uvedený na obrázku 5 je univerzální přístroj na měření mechanických vlastností potravin, zejména tvrdosti/tuhosti, které jsou významným ukazatelem trvanlivosti výrobků.

Obr. 5 Přístroj TIRA-test 27025 (VLASTNÍ FOTO)

Postup: Měření bylo provedeno v laboratoři na Ústavu technologie potravin Mendelovy Univerzity v Brně. U toustových chlebů byla naměřena tvrdost v [N] na přístroji TIRA-test 27025. Jednalo se o penetraci válcové sondy o průměru 6 mm při rychlosti 100 mm/min. Celkem bylo u každého měřeného vzorku chleba denně provedeno 10 vpichů do hloubky cca 20 mm. Vzorky byly měřeny 24 a 48 hodin po upečení. Všechny vzorky během měření byly skladovány za stejných podmínek v mikroténových sáčcích.

4.2.5 Spektrofotometrické stanovení barvy střídy

Spektrofotometrické měření bylo provedeno v laboratoři na Ústavu technologie potravin Mendelovy Univerzity v Brně. K měření barvy byl použit stolní spektrofotometr Konica Minolta CM-3500d (Obr. 6) a výsledky byly elektronicky vyhodnoceny pomocí softwarového programu CMs-100w Spectramagic NX.



Obr. 6 Spektrofotometr Konica Minolta CM-3500d (VLASTNÍ FOTO)

Postup: Vzorky toustových chlebů o tloušťce cca 15 mm byly měřeny v reflektančním modu s SCE (eliminace lesku). Velikost měřící štěrbiny (aparatury) byla 30 mm v režimu osvětlení D 65. Vzorky byly měřeny z boční strany přiložením celkem dvakrát.

SÝKORA a ŠUSTOVÁ (2016) uvádí, že spektrofotometrie je analytická metoda pro měření vlastností vzorku na základě pohlcování světla různých vlnových délek spektra, které se zpravidla pohybují v oblasti od 380 nm do 760 nm.

CIE (Komise pro osvětlení) ustanovila v roce 1976 měření barev na fyzikálním základě dle systému CIELAB, který se využívá dodnes.

Koordináty systému CIELAB (koule): L* (lightness) je měrná světlost, graficky vyjádřena na ose y a nabývá hodnot od 0 (černá) až 100 (bílá); hodnota a* je graficky znázorněna na ose x, kde přechází z kladných hodnot (červené) do záporných hodnot (zelené); hodnota b* je graficky znázorněna na ose z, kde přechází z kladných hodnot (žluté) do záporných hodnot (modré). U koordinátu a* a b* je 0 neutrální hodnota. Ze souřadnic a* a b* lze vypočíst další veličiny, tj. hodnota C*, což je měrná čistota (sytost) a hodnota h°, která udává měrný úhel barevného tónu (odstín).

4.2.6 Stanovení nutriční hodnoty chleba a příjem vlákniny

Nutriční/výživové údaje o potravinách se týkají informací o energetické hodnotě a určitých živinách v nich obsažených. Nařízení EU č. 1169/2011 Sb. v aktuálním znění uvádí seznam povinných výživových údajů: o energetické hodnotě, množství tuků, nasycených mastných kyselin, sacharidů, cukrů, bílkovin a soli. Tyto povinné údaje byly doplněny o další živinu, tj. o vlákninu, jako nepovinný údaj.

Pro výpočet výživové hodnoty upečených chlebů byly brány v potaz průměrné hodnoty výživových údajů na 100 g nebo 100 ml použité suroviny deklarované výrobcem na obalu. Převzaté hodnoty byly přepočteny na dávku použité suroviny pomocí trojčlenky. Následně se všechny hodnoty zvlášť sečetly, čímž byly získány výživové údaje jednotlivých receptur. Nakonec byly výsledné údaje přepočteny na hmotnost chlebů po upečení (viz. Příloha 10) a konečné výsledky byly opět uvedeny na 100 g upečených chlebů.

Příjem vlákniny za rok 2015 byl zjištěn na základě údajů ČSÚ, který uvádí spotřebu potravin obsahující vlákninu na obyvatele v kg za rok.

4.2.7 Statistické vyhodnocení pokusu

Všechna získaná data byla zpracována a vyhodnocena v programu Statistica 12 a programu MS Excel.

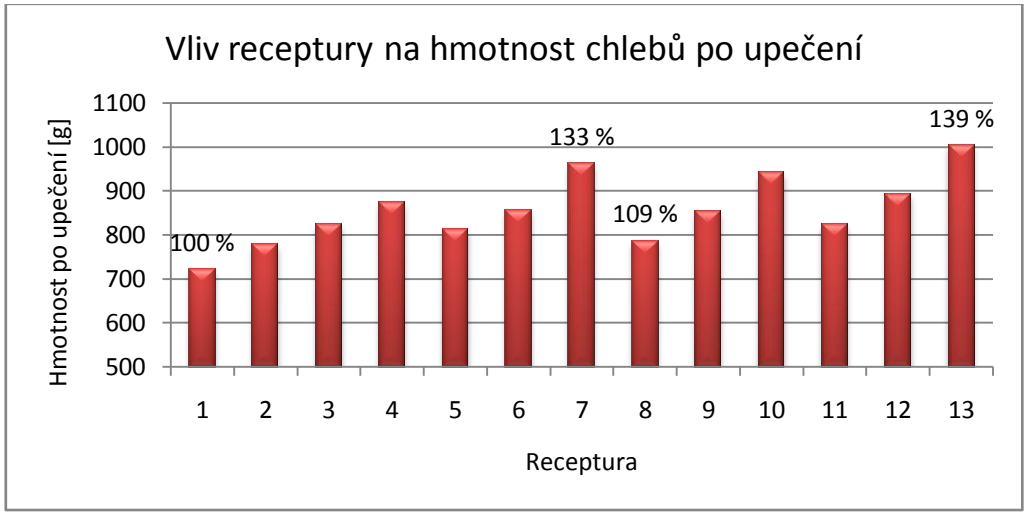
5 VÝSLEDKY A DISKUSE

5.1 Vyhodnocení pekařského pokusu

Byl vyhodnocen vliv přídavku čtyř druhů vláknin ve třech různých koncentracích na kvalitu toustových chlebů. Vzorek č. 1 byl vyroben bez přídavku vlákniny a sloužil jako kontrolní vzorek.

Toustové chleby byly upečeny dle předem navržené receptury a u všech byly dodrženy identické podmínky. Zaznamenané výsledky hodnocení z pekařského pokusu je uvedeno v Příloze 10 a vyhodnocení jednotlivých stanovení je uvedeno na obrázku 7 až 11.

Hmotnost toustových chlebů



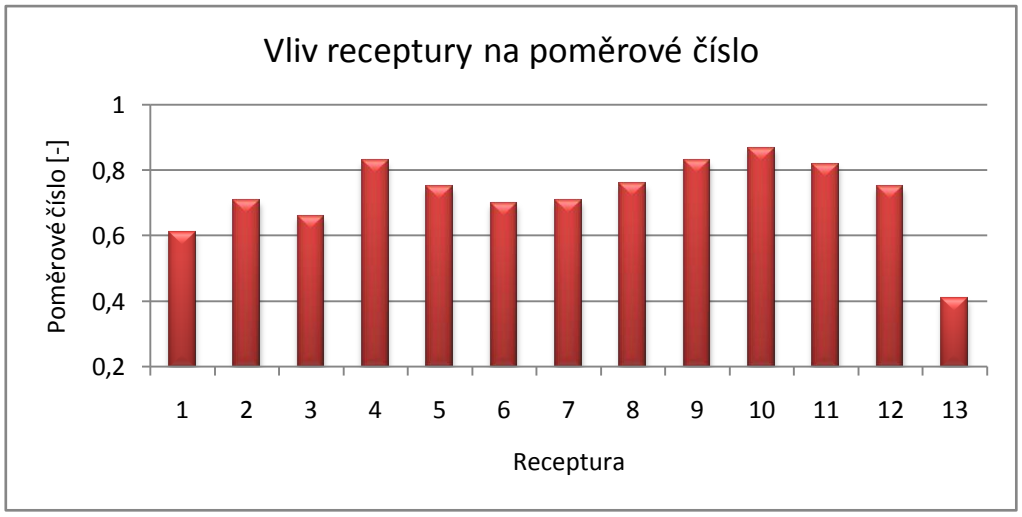
Obr. 7 Vliv receptury na hmotnost chlebů po upečení v porovnání s kontrolou

Vz. č. 1 – kontrolní vzorek bez přídavku vlákniny,
vz. č. 2 – s 3 %, vz. č. 3 – s 6 %, vz. č. 4 – s 9 % přídavkem pšeničné vlákniny (WF 600),
vz č. 5 – s 3 %, vz. č. 6 – s 6 %, vz. č. 7 – s 9 % přídavkem bramborové vlákniny (KF 200),
vz. č. 8 – s 3 %, vz. č. 9 – s 6 %, vz. č. 10 – s 9 % přídavkem jablečné vlákniny (AF 12),
vz č. 11 – s 3 %, vz. č. 12 – s 6 %, vz. č. 13 – s 9 % přídavkem psyllia + pšen. vl. (P 95:WF 600/3:7).

Přídavek vlákniny na hmotnost upečených toustových chlebů měl pozitivní vliv (Obr. 7). Se zvyšujícím se přídavkem vlákniny se hmotnost zvětšovala ve všech případech. Největší hmotnost měl vzorek č. 13 (1004 g) s přídavkem 9 % psyllia a pšeničné vlákniny, který byl až o 39 % těžší než kontrola a vzorek č. 7 (962 g) s přídavkem 9 % bramborové vlákniny, který byl těžší o 33 % oproti kontrole. Nízkou hmotnost po upečení měl vzorek č. 8 s přídavkem 3 % jablečné vlákniny (786 g), který

měl pouze o 9 % větší hmotnost než kontrola. Nejmenší hmotnost (722 g) 100 % měla kontrola bez přídavku vlákniny, což se dalo očekávat, vzhledem k tomu, že dle tabulky 4 byla k ostatním vzorkům přidávaná voda podle vaznosti a množství jednotlivých vláknin.

Poměrové číslo



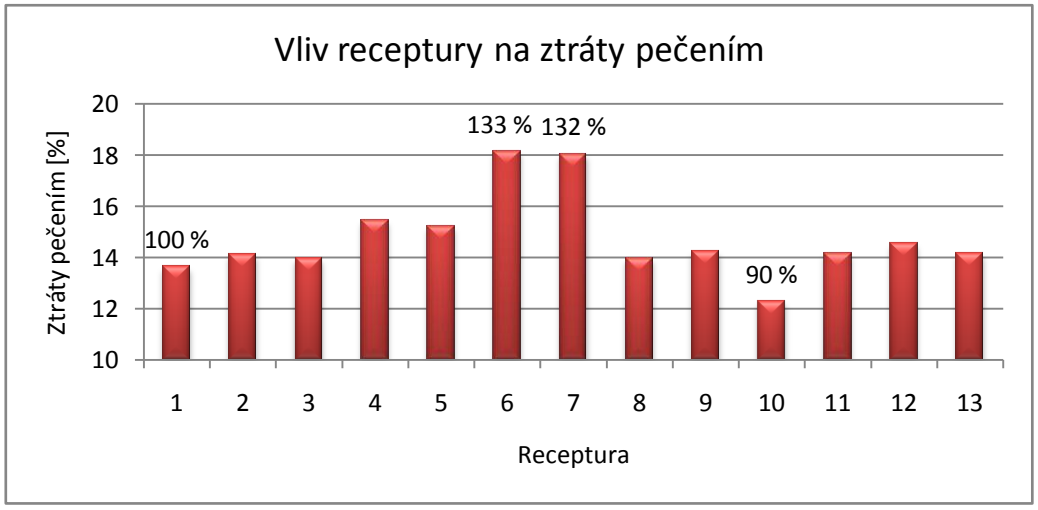
Obr. 8 Vliv receptury na poměrové číslo

Vz. č. 1 – kontrolní vzorek bez přídavku vlákniny,
vz. č. 2 – s 3 %, vz. č. 3 – s 6 %, vz. č. 4 – s 9 % přídavkem pšeničné vlákniny (WF 600),
vz č. 5 – s 3 %, vz. č. 6 – s 6 %, vz. č. 7 – s 9 % přídavkem bramborové vlákniny (KF 200),
vz. č. 8 – s 3 %, vz. č. 9 – s 6 %, vz. č. 10 – s 9 % přídavkem jablečné vlákniny (AF 12),
vz č. 11 – s 3 %, vz. č. 12 – s 6 %, vz. č. 13 – s 9 % přídavkem psyllia + pšen. vl. (P 95:WF 600/3:7).

Poměrové číslo 0,9 [-] je považováno za optimální (HONZÍK, 2016). Z obrázku 8 je zřejmé, že vzorek č. 4 s přídavkem 9 % pšeničné vlákniny, vzorek č. 9 a č. 10 s přídavkem jablečné vlákniny v množství 6 % a 9 % a vzorek č. 11 s přídavkem 3 % psyllia a pšeničné vlákniny měly nejlepší tvar, protože se blížili k hodnotě 0,9 [-]. Vzorek č. 13 s přídavkem 9 % psyllia a pšeničné vlákniny a kontrola neměly optimální tvar. Ostatní vzorky měly nízké poměrové číslo.

Tvar toustových chlebů značně ovlivnil především tvar pečící nádoby, který se podobal čtverci a plastičnost formy, která byla měkká, dobře tvarovatelná a přizpůsobivá výrobku. Dále měla na optimální tvar chlebů vliv také konzistence těsta, kdy řidší těsto (např. s přídavkem bramborové vlákniny) se více roztékalo.

Ztráty pečením

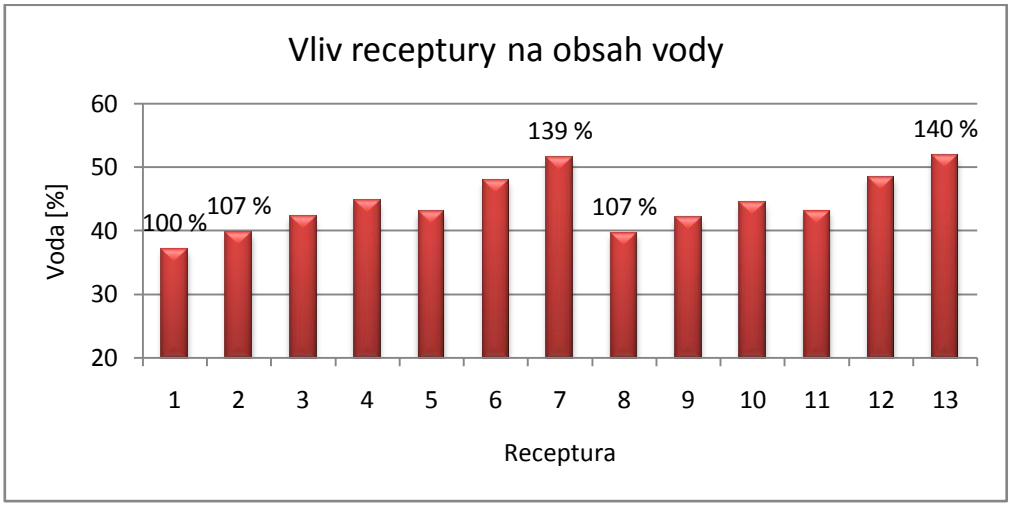


Obr. 9 Vliv receptury na ztráty pečením v porovnání s kontrolou

Vz. č. 1 – kontrolní vzorek bez přídavku vlákniny,
vz. č. 2 – s 3 %, vz. č. 3 – s 6 %, vz. č. 4 – s 9 % přídavkem pšeničné vlákniny (WF 600),
vz č. 5 – s 3 %, vz. č. 6 – s 6 %, vz. č. 7 – s 9 % přídavkem bramborové vlákniny (KF 200),
vz. č. 8 – s 3 %, vz. č. 9 – s 6 %, vz. č. 10 – s 9 % přídavkem jablečné vlákniny (AF 12),
vz č. 11 – s 3 %, vz. č. 12 – s 6 %, vz. č. 13 – s 9 % přídavkem psyllia + pšen. vl. (P 95:WF 600/3:7).

Optimální ztráty pečením (Obr. 9) by se měly pohybovat v rozmezí 10–15 %, ale u větších nebo obohacených chlebů mohou být ztráty mnohem menší (KUČEROVÁ, 2004). Největší ztráty pečením měl vzorek č. 6 (18,16 %) a č. 7 (18,06 %), kde byla přidána bramborová vláknina v množství 6 % a 9 %. Tyto ztráty byly o více jak 30 % větší ve srovnání s kontrolou a byly způsobeny horší vazností vody vlákninou během pečení, protože daná vláknina má mnohem kratší vlákna a jemnější strukturu (viz. Příloha 4). Horší vaznost bramborové vlákniny byla zaznamenána už při hnětení, kdy těsto mělo řidší konzistenci, než ostatní těsta. Nejmenší ztráty pečením měl vzorek č. 10 (12,29 %) s přídavkem 9 % jablečné vlákniny, který měl o 10 % menší ztráty, než kontrola, což značí, že velmi dobře váže vodu. Ostatní vzorky se pohybovaly okolo horní mezní hranice.

Obsah vody



Obr. 10 Vliv receptury na obsah vody ve výrobcích po upečení

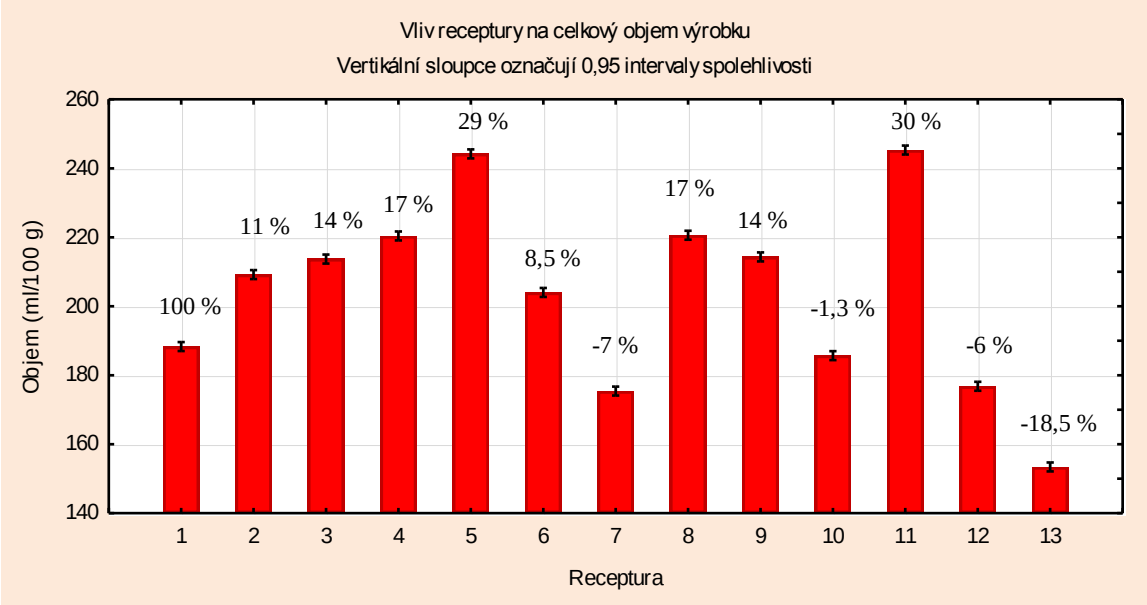
Vz. č. 1 – kontrolní vzorek bez přídavku vlákniny,
vz. č. 2 – s 3 %, vz. č. 3 – s 6 %, vz. č. 4 – s 9 % přídavkem pšeničné vlákniny (WF 600),
vz č. 5 – s 3 %, vz. č. 6 – s 6 %, vz. č. 7 – s 9 % přídavkem bramborové vlákniny (KF 200),
vz. č. 8 – s 3 %, vz. č. 9 – s 6 %, vz. č. 10 – s 9 % přídavkem jablečné vlákniny (AF 12),
vz č. 11 – s 3 %, vz. č. 12 – s 6 %, vz. č. 13 – s 9 % přídavkem psyllia + pšen. vl. (P 95:WF 600/3:7).

Největší množství vody (Obr. 10) obsahoval vzorek č. 7 (51,53 %) s přídavkem 9 % bramborové vlákniny a č. 13 (51,82 %) s přídavkem 9 % psyllia a pšeničné vlákniny, které bylo až o 40 % vyšší oproti kontrole. Výrobky byly značně vlhčí a lepivější než ostatní. U těchto vzorků byla prokázána také největší hmotnost po upečení (viz. Obr. 7), což značí velké množství navázané vody vlákninou, zejména v průběhu pečení.

Naopak nejméně vody obsahoval kontrolní vzorek (37 %), který nebyl obohacen vlákninou a působil sušším dojmem. Vzorek č. 2 s přídavkem 3 % pšeničné vlákniny a vzorek č. 8 s přídavkem 3 % jablečné vlákniny měly obsah vody vyšší pouze o 7 % oproti kontrole.

LIU a MOLLER (2011) tvrdí, že obsah vody je jednou z nejdůležitějších vlastností chleba, a proto je velice důležité znát její kvantitativní obsah ve výrobku. Obecně platí, že čím vyšší obsah vody, tím čerstvější a pro spotřebitele přijatelnější chléb. Ovšem příliš vysoký obsah vody způsobuje značně měkký a hůře tvarovatelný chléb, navíc může rychleji podléhat zkáze a začít plesnivět.

Celkový objem



Obr. 11 Vliv receptury na celkový objem výrobku v porovnání s kontrolou

Vz. č. 1 – kontrolní vzorek bez přídavku vlákniny,
vz. č. 2 – s 3 %, vz. č. 3 – s 6 %, vz. č. 4 – s 9 % přídavkem pšeničné vlákniny (WF 600),
vz č. 5 – s 3 %, vz. č. 6 – s 6 %, vz. č. 7 – s 9 % přídavkem bramborové vlákniny (KF 200),
vz. č. 8 – s 3 %, vz. č. 9 – s 6 %, vz. č. 10 – s 9 % přídavkem jablečné vlákniny (AF 12),
vz č. 11 – s 3 %, vz. č. 12 – s 6 %, vz. č. 13 – s 9 % přídavkem psyllia + pšen. vl. (P 95:WF 600/3:7).

Na obrázku 11 jsou nad sloupci uvedené přepočtené hodnoty v procentech, kde kontrola je považována jako 100 %. Nárůst objemu, popřípadě pokles u ostatních vzorků je vyjádřen pouze rozdílem od hodnoty 100 %. Je zřejmé, že pozitivní výsledky ve srovnání s kontrolním vzorkem o objemu 188,3 ml/100 g (tedy 100 %) vykazoval přídavek jakékoliv vlákniny v množství 3 % k základní receptuře. Nejnižší přidané množství mělo pokaždé zlepšující vliv na celkový objem výrobku. KUČEROVÁ, ŠOTTNÍKOVÁ et al., (2013) ve své práci uvádí podobné výsledky, ačkoliv aplikovali pšeničnou, jablečnou, bramborovou a bambusovou vlákninu v množství pouze 1 % a 3 % k základní receptuře. Tvrdí, že 1 % přidané vlákniny má nejlepší vliv na celkový objem výrobku, což je znázorněno v Příloze 11.

Přídavek různého procentuálního množství pšeničné vlákniny (WF 600) k receptuře mělo zlepšující vliv na objem pečiva, což je velice pozitivní z kvalitativního hlediska. Již přídavek 3 % pšeničné vlákniny, zvyšoval objem výrobku o 11 % oproti kontrole. Zde je možné použít zdravotní tvrzení o příjmu vlákniny dle Nařízení EU č. 1169/2011 Sb., v aktuálním znění: *„obsahuje-li produkt alespoň 3 g vlákniny na 100 g, lze tvrdit,*

že je zdrojem vlákniny". Tvrzení lze použít u všech upečených chlebů, výjma kontrolního vzorku.

Jinak je tomu u bramborové vlákniny (KF 200), která se zvyšujícím se procentuálním množstvím objem výrazně zmenšovala, ale hmotnost se zvyšovala. Přídavek 3 % bramborové vlákniny zvětšil objem až o 29 %, naopak přídavek 9 % této vlákniny zmenšil výrobek až o 7 % oproti kontrole. Při přídavku jablečné vlákniny (AF 12) v množství 3 % se objem zvýšil o 17 %, při přídavku 6 % se zvýšil pouze o 14 %, naopak přídavek 9 % dané vlákniny zmenšil objem o 1,3 % oproti kontrole.

Vzorek č. 11, kde byla použita kombinace psyllia a pšeničné vlákniny (P 95 + WF 600) v množství 3 % měl největší objem, který byl až o 30 % větší ve srovnání s kontrolou. V Případě dalších dvou koncentrací přidané vlákniny objem výrazně klesal, ale hmotnost se zvyšovala (viz. Obr. 7), což je způsobeno velmi vysokou vazností vlákniny v době pečení. U rozdělení vzorků pomocí Duncanova testu do devíti homogenních skupin s hladinou významnosti alfa = 0,05 (viz. Příloha 12) byl prokázán statisticky významný rozdíl v objemu, mezi kontrolou a vzorkem č. 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 a 13, což dokazuje, že vláknina má významný vliv na objem chlebů.

Podle KURKA A WYRWISZA (2015) má vyšší přídavek vlákniny vliv na zmenšení objemu chleba, díky vyšší vaznosti vody, což způsobuje ředění lepku. Lepek se stává slabším a v průběhu pečení se nevytváří tak stabilní lepková struktura. Z části za snížení objemu chleba může také snížená retence plynů. Lepek je považován za hlavní strukturu mouky a je tvořen hlavními proteiny, které zodpovídají za organoleptické vlastnosti a kvalitu chleba (MOHSEN, YASEEN et al., 2010).

ANIL (2007) zkoumal vliv přídavku vlákniny k pšeničné mouce ve formě lískových oříšků a zjistil, že přídavek 10 % vlákniny k mouce zmenší objem chleba výrazněji, než přídavek pouze 5 % vlákniny.

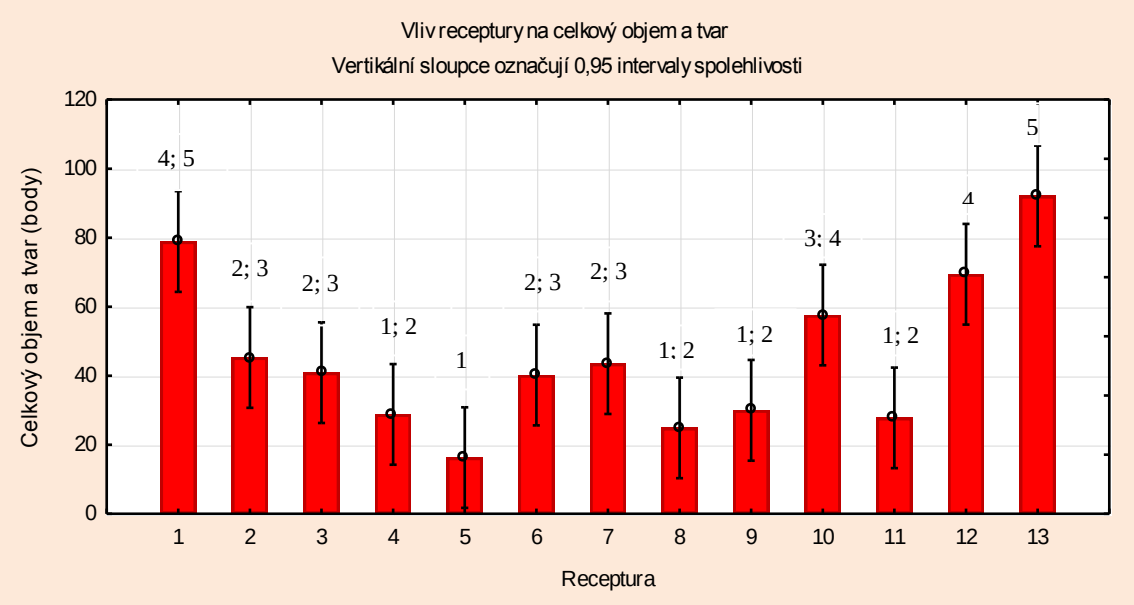
V Příloze 13 je fotografie toustových chlebů s různým přídavkem vlákniny po upečení a jejich srovnání s kontrolním vzorkem.

5.2 Senzorické hodnocení toustových chlebů

Senzorické vyhodnocení upečených toustových chlebů bylo provedeno dle dotazníku uvedeného v Příloze 9. U všech senzoricky hodnocených deskriptorů bereme v úvahu, že čím méně bodů daný výrobek získal, tím lepší měl vlastnosti. Jednotlivé deskriptory jsou vyhodnoceny na obrázku 12 až 23.

ROSELL, BAJERSKA et al., (2016) uvádí, že přídavek vlákniny do chlebového těsta může v některých případech snížit senzorickou přijatelnost výrobku (tj. objem a texturu výrobku, celkový vzhled, ale také barvu, chuť a aroma výrobku).

Celkový objem a tvar chlebů



Obr. 12 Vliv receptury na celkový objem a tvar výrobku

Vz. č. 1 – kontrolní vzorek bez přídavku vlákniny,
vz. č. 2 – s 3 %, vz. č. 3 – s 6 %, vz. č. 4 – s 9 % přídavkem pšeničné vlákniny (WF 600),
vz č. 5 – s 3 %, vz. č. 6 – s 6 %, vz. č. 7 – s 9 % přídavkem bramborové vlákniny (KF 200),
vz. č. 8 – s 3 %, vz. č. 9 – s 6 %, vz. č. 10 – s 9 % přídavkem jablečné vlákniny (AF 12),
vz č. 11 – s 3 %, vz. č. 12 – s 6 %, vz. č. 13 – s 9 % přídavkem psyllia + pšen. vl. (P 95:WF 600/3:7).

Z obrázku 12 je zřejmé, že vyšší přídavek vlákniny objem zmenšoval, kromě přídavku pšeničné vlákniny, který naopak objem zvětšoval, což mělo zlepšující vliv na kvalitu upečených chlebů.

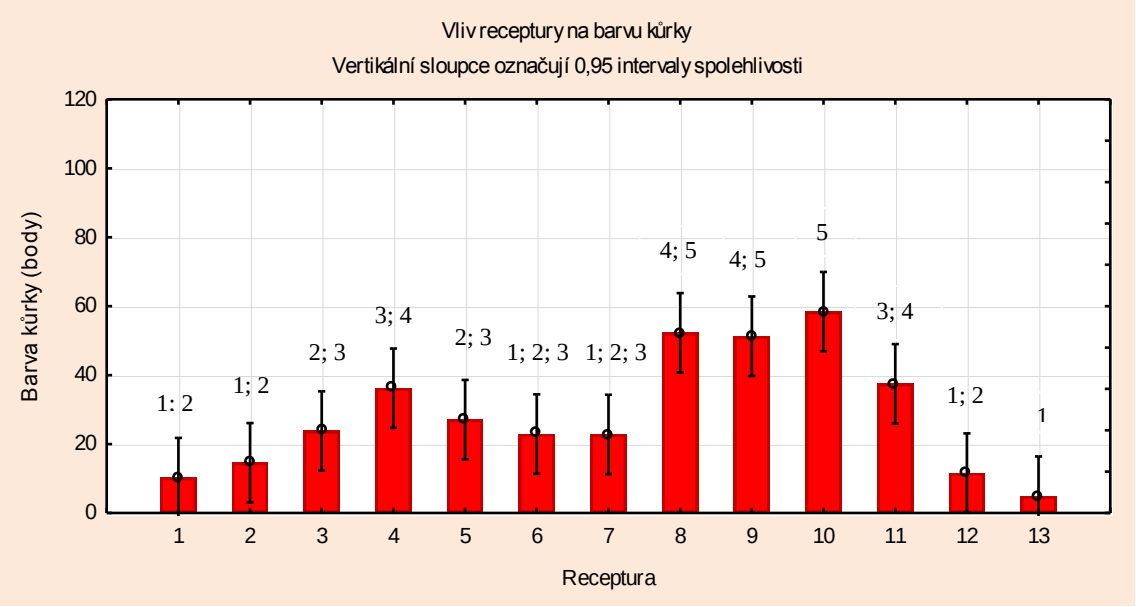
Nejlepší objem a tvar měl vzorek č. 5 s přídavkem 3 % bramborové vlákniny, který měl v průměru 16,3 bodů, dále vzorek č. 8 s přídavkem 3 % jablečné vlákniny, č. 11 s přídavkem 3 % psyllia a pšeničné vlákniny, č. 4 s přídavkem 9 % pšeničné vlákniny

a č. 9 s přídavkem 6 % jablečné vlákniny, jejichž průměrný počet bodů se pohyboval od 24,9 do 30.

V porovnání s objemem uvedeným na obrázku 11, který byl měřen objemoměrem byly výsledky obdobné. Nejlepší byl vzorek č. 11 s přídavkem 3 % psyllia a pšeničné vlákniny, který měl o 30 % větší objem oproti kontrole a č. 5 s přídavkem 3 % bramborové vlákniny, který měl o 29 % větší objem, než kontrola. Dané vzorky nejlépe splňují požadavky dle vyhlášky MZe č. 182/2012 Sb. v aktuálním znění na vzhled a tvar chlebů, který má být pravidelně formovaný a klenutý. Nejhůře byl hodnocen vzorek č. 13 s přídavkem 9 % psyllia a pšeničné vlákniny, který získal 92,1 bodů a kontrola se 78,9 body.

U vlivu přidané vlákniny na celkový objem a tvar výrobku byl prokázán statisticky významný rozdíl pomocí Duncanova testu. Vzorky byly rozděleny do pěti homogenních skupin s hladinou významnosti alfa = 0,05 (Viz. Příloha 14) a statistický rozdíl byl prokázán mezi kontrolou a vzorkem č. 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 a 11.

Barva kůrky



Obr. 13 Vliv receptury na barvu kůrky

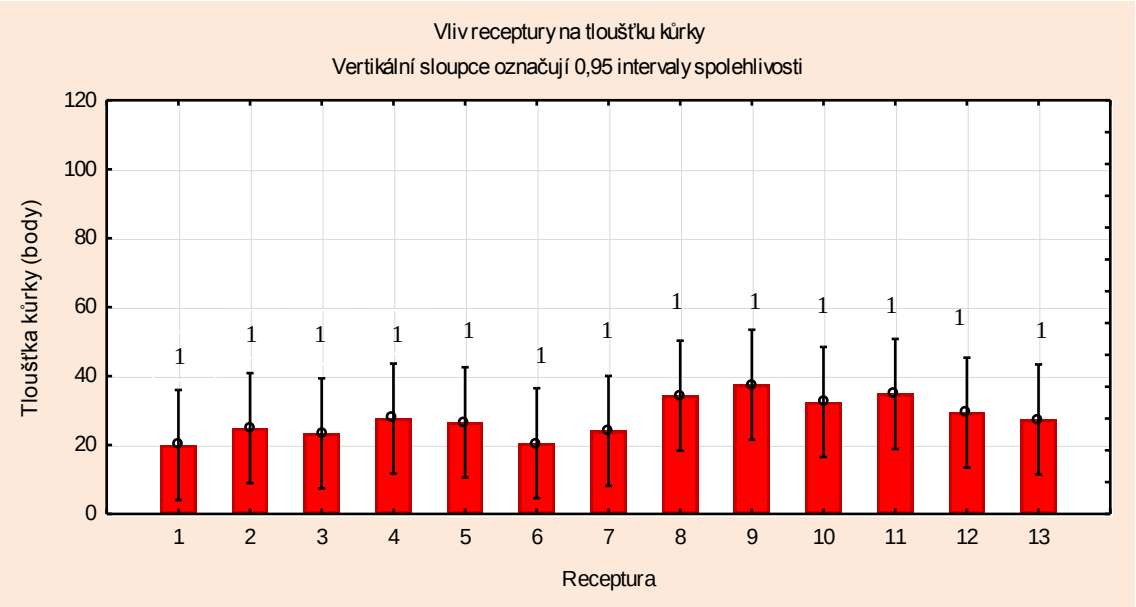
Vz. č. 1 – kontrolní vzorek bez přídavku vlákniny,
vz. č. 2 – s 3 %, vz. č. 3 – s 6 %, vz. č. 4 – s 9 % přídavkem pšeničné vlákniny (WF 600),
vz č. 5 – s 3 %, vz. č. 6 – s 6 %, vz. č. 7 – s 9 % přídavkem bramborové vlákniny (KF 200),
vz. č. 8 – s 3 %, vz. č. 9 – s 6 %, vz. č. 10 – s 9 % přídavkem jablečné vlákniny (AF 12),
vz č. 11 – s 3 %, vz. č. 12 – s 6 %, vz. č. 13 – s 9 % přídavkem psyllia + pšen. vl. (P 95:WF 600/3:7).

Vliv receptury na barvu kůrky vykazoval statisticky průkazný rozdíl, který byl prokázán mezi kontrolou a vzorkem č. 3, 4, 5, 8, 9, 10 a 11 pomocí Duncanova testu. Vzorky byly rozděleny do pěti homogenních skupin s hladinou významnosti alfa = 0,05 (viz. Příloha 15). Nejsvětlejší barvu kůrky (Obr. 13) měl vzorek č. 13 s přídavkem 9 % psyllia a pšeničné vlákniny, který měl v průměru 4,9 bodů. Druhá byla kontrola s 10,3 body, poté vzorek č. 12 (s 11,6 body) s přídavkem 6 % psyllia a pšeničné vlákniny, č. 2 (s 14,6 body) s přídavkem 3 % pšeničné vlákniny, č. 7 (s 22,8 body) a č. 6 (s 22,9 body) s přídavkem 9 % a 6 % bramborové vlákniny. Nejtmavší barvu měl vzorek č. 10, 8 a 9 s přídavkem jablečné vlákniny.

Vyhláška MZe č. 182/2012 Sb., v aktuálním znění uvádí požadavky na kůrku a její povrch, který by měl být čisté zlatohnědé barvy, bez zřetelně obnažené střídky.

GRANBY et al. (2008) ve své studii tvrdí, že za barvu kůrky mohou také vzniklé akrylamidy, které vznikají při vysoké teplotě z asparaginu. Asparagin se nachází v pšeničné mouce, ale během zrání je částečně degradován a ze zbytku během pečení vzniká právě zmíněný akrylamid.

Tloušťka kůrky

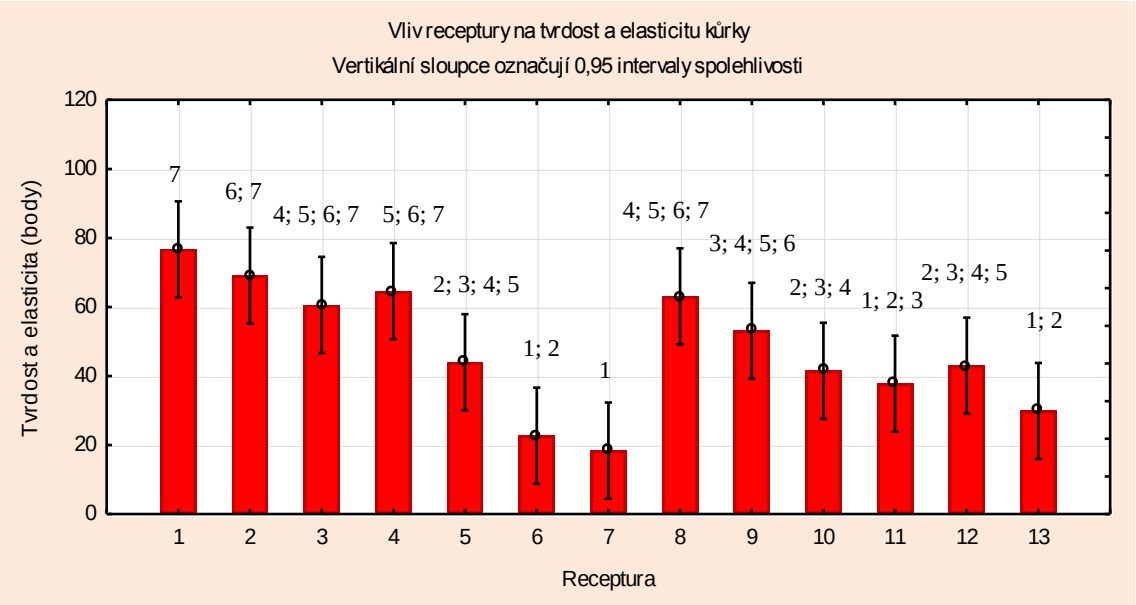


Obr. 14 Vliv receptury na tloušťku kůrky

Vz. č. 1 – kontrolní vzorek bez přídavku vlákniny,
vz. č. 2 – s 3 %, vz. č. 3 – s 6 %, vz. č. 4 – s 9 % přídavkem pšeničné vlákniny (WF 600),
vz č. 5 – s 3 %, vz. č. 6 – s 6 %, vz. č. 7 – s 9 % přídavkem bramborové vlákniny (KF 200),
vz. č. 8 – s 3 %, vz. č. 9 – s 6 %, vz. č. 10 – s 9 % přídavkem jablečné vlákniny (AF 12),
vz č. 11 – s 3 %, vz. č. 12 – s 6 %, vz. č. 13 – s 9 % přídavkem psyllia + pšen. vl. (P 95:WF 600/3:7).

U vlivu receptury na tloušťku kůrky nebyl prokázán statisticky významný rozdíl (Obr. 14). Vzorky byly zařazené pomocí Duncanova testu do jedné homogenní skupiny s hladinou významnosti alfa = 0,05 (viz. Příloha 16).

Tvrdost a elasticita kůrky

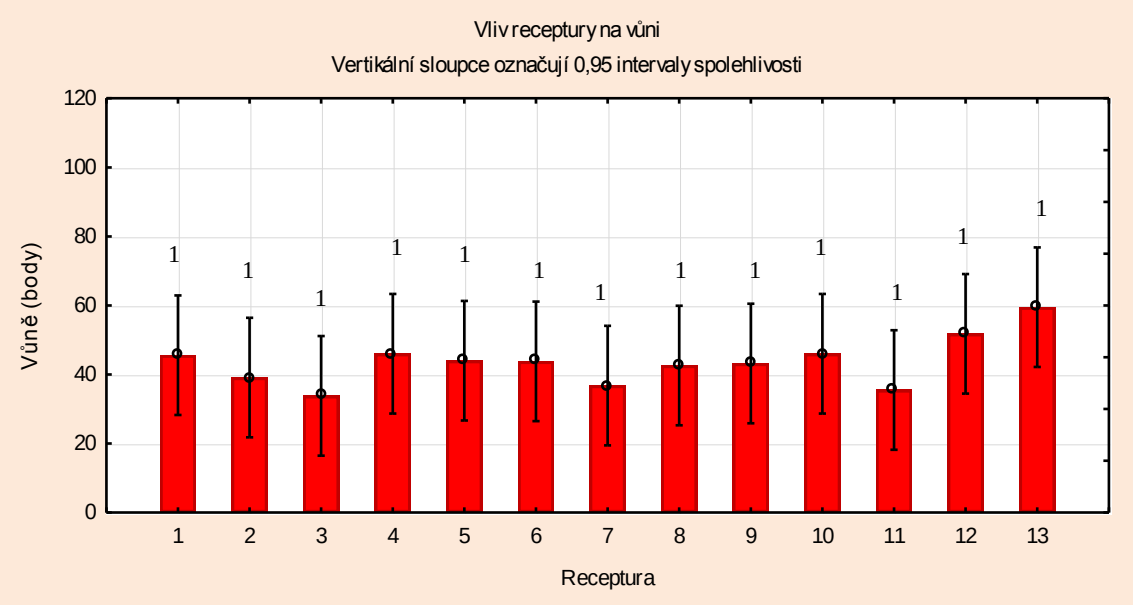


Obr. 15 Vliv receptury na tvrdost a elasticitu kůrky

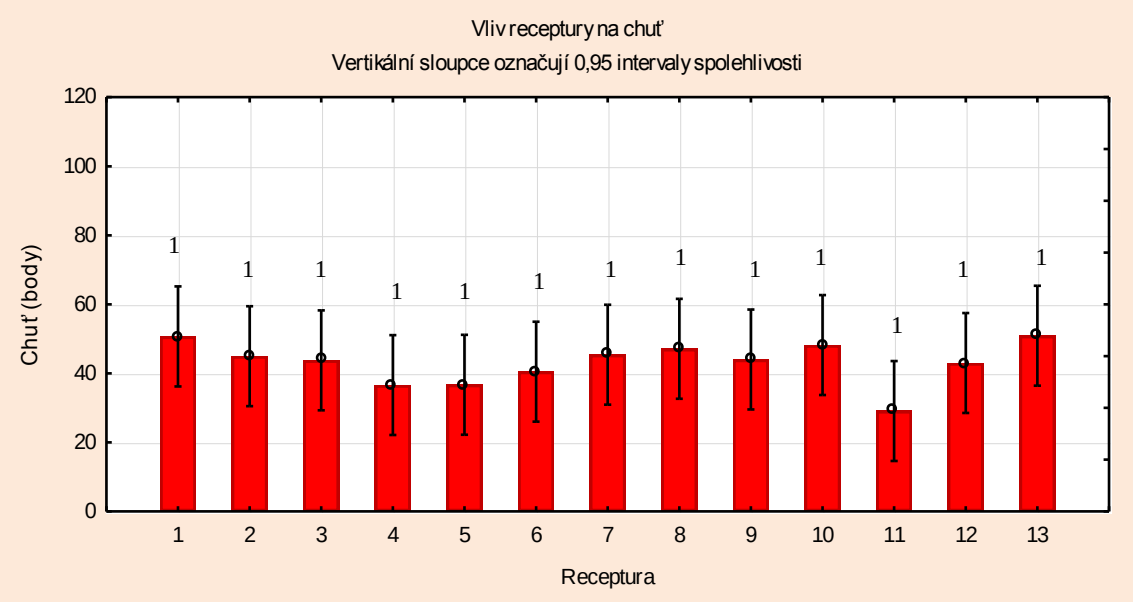
Vz. č. 1 – kontrolní vzorek bez přídavku vlákniny,
vz. č. 2 – s 3 %, vz. č. 3 – s 6 %, vz. č. 4 – s 9 % přídavkem pšeničné vlákniny (WF 600),
vz č. 5 – s 3 %, vz. č. 6 – s 6 %, vz. č. 7 – s 9 % přídavkem bramborové vlákniny (KF 200),
vz. č. 8 – s 3 %, vz. č. 9 – s 6 %, vz. č. 10 – s 9 % přídavkem jablečné vlákniny (AF 12),
vz č. 11 – s 3 %, vz. č. 12 – s 6 %, vz. č. 13 – s 9 % přídavkem psyllia + pšen. vl. (P 95:WF 600/3:7).

Přídavek procentuálního množství různých vláknin značně ovlivňoval tvrdost a elasticitu kůrky (Obr. 15). Vzorky byly zařazené pomocí Duncanova testu do sedmi homogenních skupin s hladinou významnosti alfa = 0,05 (viz. Příloha 17), a byl prokázán statisticky významný rozdíl mezi kontrolou a vzorkem č. 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12 a 13. Nejlépe byl hodnocen vzorek č. 7 s přídavkem 9 % bramborové vlákniny s průměrným počtem bodů 18,4. Dále vzorek č. 6 s přídavkem pouze 6 % bramborové vlákniny, č. 13 a č. 11 s přídavkem psyllia a pšeničné vlákniny v koncentraci 9 % a 3 %, jejichž průměrný počet bodů se pohyboval od 22,7 do 37,8. Naopak nejhůře byla hodnocena kontrola se 76,7 body. Z výsledků hodnocení je zřejmé, že přídavek vlákniny má pozitivní vliv na tvrdost a elasticitu kůrky.

Vůně a chuť



Obr. 16 Vliv receptury na vůni



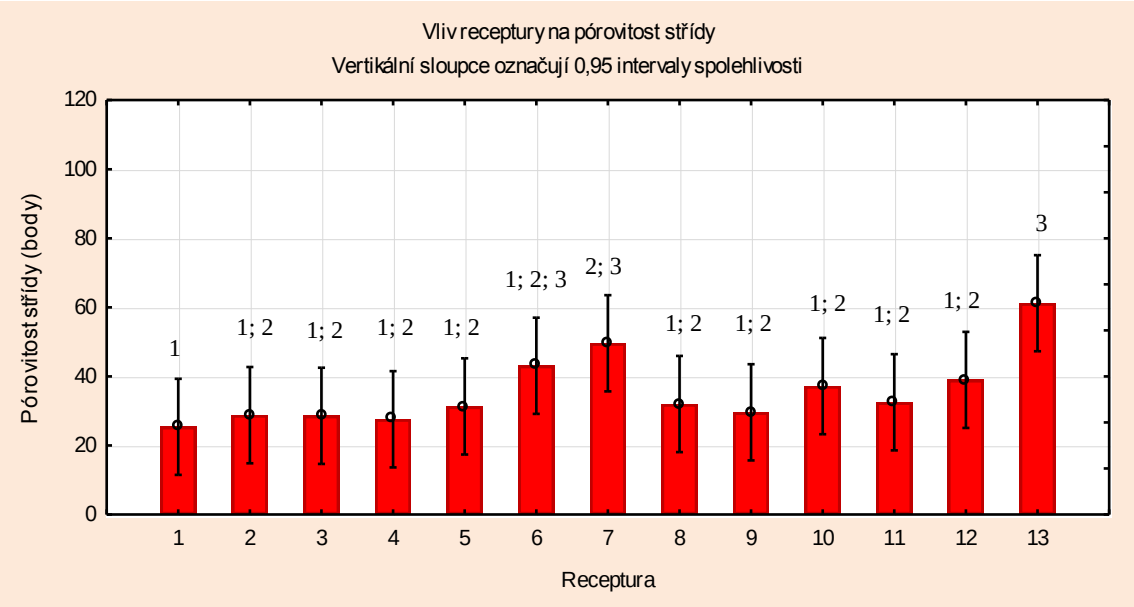
Obr. 17 Vliv receptury na chuť

Vz. č. 1 – kontrolní vzorek bez přídavku vlákniny,
vz. č. 2 – s 3 %, vz. č. 3 – s 6 %, vz. č. 4 – s 9 % přídavkem pšeničné vlákniny (WF 600),
vz č. 5 – s 3 %, vz. č. 6 – s 6 %, vz. č. 7 – s 9 % přídavkem bramborové vlákniny (KF 200),
vz. č. 8 – s 3 %, vz. č. 9 – s 6 %, vz. č. 10 – s 9 % přídavkem jablečné vlákniny (AF 12),
vz č. 11 – s 3 %, vz. č. 12 – s 6 %, vz. č. 13 – s 9 % přídavkem psyllia + pšen. vl. (P 95:WF 600/3:7).

Vliv receptury na vůni a chuť je uvedeno na obrázku 16 a 17. I když jsou vzorky v obou případech zařazené do jedné homogenní skupiny s hladinou významnosti

alfa = 0,05 (viz. Příloha 18,19), a nebyl zde prokázán statisticky významný rozdíl, přesto měl každý vzorek s přidanou vlákninou svou specifickou příjemnou vůni a chuť po použité vláknině. Vyhláška MZe č. 182/2012 Sb., v aktuálním znění uvádí, že chuť a vůně má být příjemná a chlebová.

Pórovitost střídy

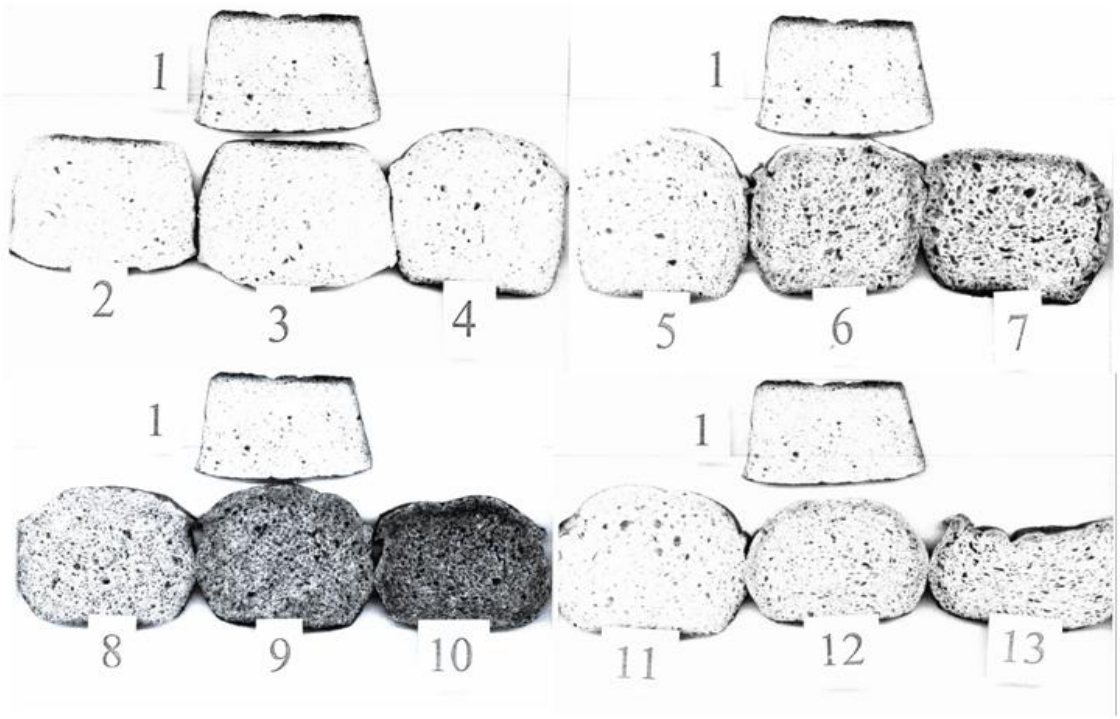


Obr. 18 Vliv receptury na pórovitost střídy

Vz. č. 1 – kontrolní vzorek bez přídavku vlákniny,
vz. č. 2 – s 3 %, vz. č. 3 – s 6 %, vz. č. 4 – s 9 % přídavkem pšeničné vlákniny (WF 600),
vz č. 5 – s 3 %, vz. č. 6 – s 6 %, vz. č. 7 – s 9 % přídavkem bramborové vlákniny (KF 200),
vz. č. 8 – s 3 %, vz. č. 9 – s 6 %, vz. č. 10 – s 9 % přídavkem jablečné vlákniny (AF 12),
vz č. 11 – s 3 %, vz. č. 12 – s 6 %, vz. č. 13 – s 9 % přídavkem psyllia + pšen. vl. (P 95:WF 600/3:7).

Přídavek jakékoliv vlákniny k receptuře pórovitost střídy ovlivňoval méně (Obr. 18), ale i přesto byl Duncanovým testem prokázán statisticky významný rozdíl mezi kontrolou a vzorkem č. 7 a 13. Vzorky byly rozděleny do tří homogenních skupin s hladinou významnosti alfa = 0,05 (viz. Příloha 20). Nejhůře byl hodnocen vzorek č. 13 (s 61,2 body) s přídavkem 9 % psyllia a pšeničné vlákniny, č. 7 a 6 s přídavkem 9 % a 6 % bramborové vlákniny, jejichž průměrný počet se pohyboval mezi 43,1 až 49,6 body. Nejlepší pórovitost měla kontrola bez přídavku vlákniny s 25,4 body, která nejlépe splňovala požadavky na jakost střídy, které uvádí vyhláška MZe č. 182/2012 Sb., v aktuálním znění. Střída má být dobře propečená, pórovitá, pružná a stejnorodá.

Pro vizualizaci pórovitosti byly chleby naskenovány a znázorněny na obrázku 19.



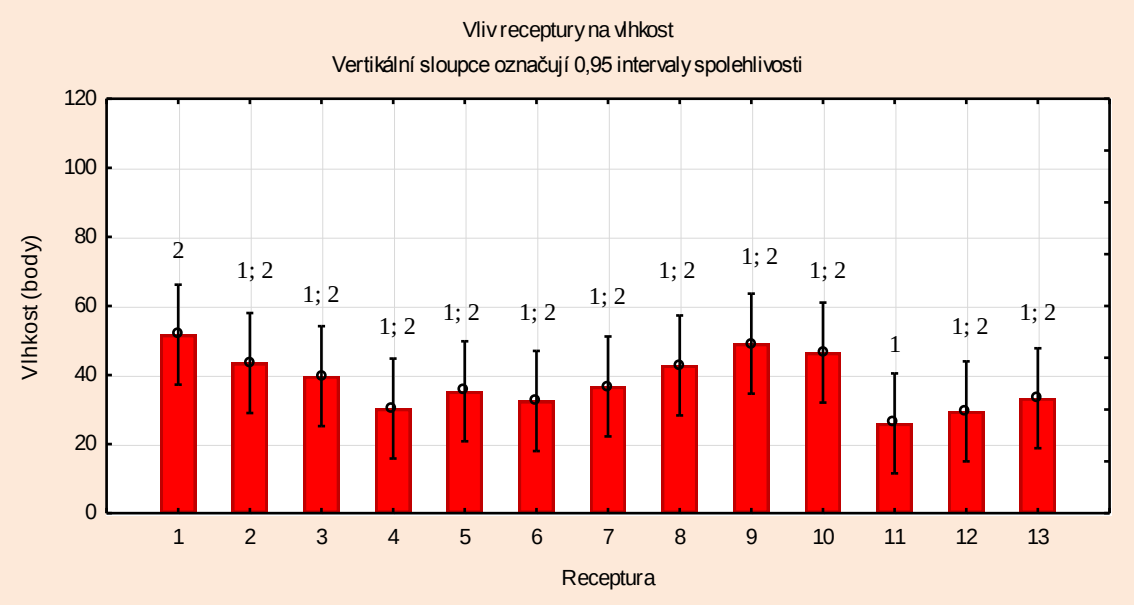
Obr. 19 Fotografie pórovitosti chlebové střídy (VLASTNÍ FOTO)

Vz. č. 1 – kontrolní vzorek bez přídavku vlákniny,
vz. č. 2 – s 3 %, vz. č. 3 – s 6 %, vz. č. 4 – s 9 % přídavkem pšeničné vlákniny (WF 600),
vz č. 5 – s 3 %, vz. č. 6 – s 6 %, vz. č. 7 – s 9 % přídavkem bramborové vlákniny (KF 200),
vz. č. 8 – s 3 %, vz. č. 9 – s 6 %, vz. č. 10 – s 9 % přídavkem jablečné vlákniny (AF 12),
vz č. 11 – s 3 %, vz. č. 12 – s 6 %, vz. č. 13 – s 9 % přídavkem psyllia + pšen. vl. (P 95:WF 600/3:7).

BELGHITH, CHAARI, et al., (2016) zkoumali vliv vlákniny z hrachového (A) a fazolového lusku (B) na kvalitu chlebů (Obr. 20). Přidávali ji v množství 0,25 %, 0,5 %, 0,75 % a 1 % na 100 g pšeničné mouky. V obou případech zjistili, že zvyšující se koncentrace přidané vlákniny má zhoršující vliv na pórovitost střídy oproti kontrole (T), což nepříznivě ovlivňuje strukturu střídy a kvalitu chlebů.

Obr. 20 Vliv vlákniny na pórovitost střídy (T – kontrola, A – vláknina z hrachového lusku, B – vláknina z fazolového lusku); (BELGHITH, CHAARI, et al., 2016)

Vlhkost střídy

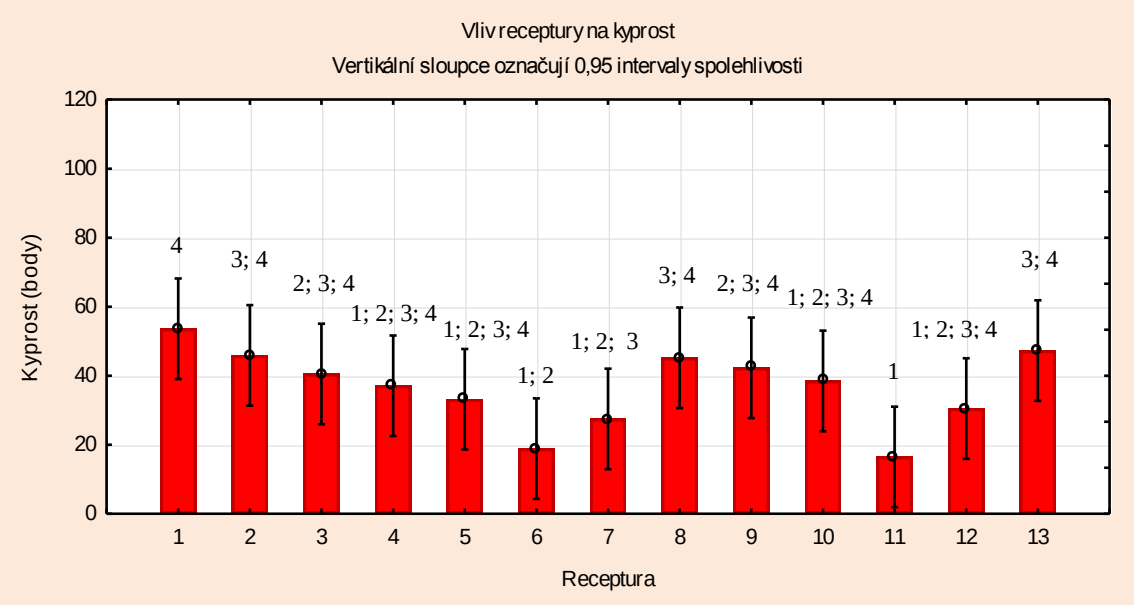


Obr. 21 Vliv receptury na vlhkost střídy

Vz. č. 1 – kontrolní vzorek bez přídavku vlákniny,
vz. č. 2 – s 3 %, vz. č. 3 – s 6 %, vz. č. 4 – s 9 % přídavkem pšeničné vlákniny (WF 600),
vz č. 5 – s 3 %, vz. č. 6 – s 6 %, vz. č. 7 – s 9 % přídavkem bramborové vlákniny (KF 200),
vz. č. 8 – s 3 %, vz. č. 9 – s 6 %, vz. č. 10 – s 9 % přídavkem jablečné vlákniny (AF 12),
vz č. 11 – s 3 %, vz. č. 12 – s 6 %, vz. č. 13 – s 9 % přídavkem psyllia + pšen. vl. (P 95:WF 600/3:7).

Příjemnou vlhkost (Obr. 21) měl vzorek č. 11 s přídavkem 3 % psyllia a pšeničné vlákniny, který měl v průměru 26 bodů. Nejhůře byla hodnocena kontrola s 51,7 body, která byla suchá a měla brouskovitý okraj. Pomocí Duncanova testu (Příloha 21) byly vzorky rozděleny do 2 homogenních skupin s hladinou významnosti alfa = 0,05 a byl prokázán statisticky významný rozdíl mezi kontrolou a vzorkem č. 11.

Kyprost střídy



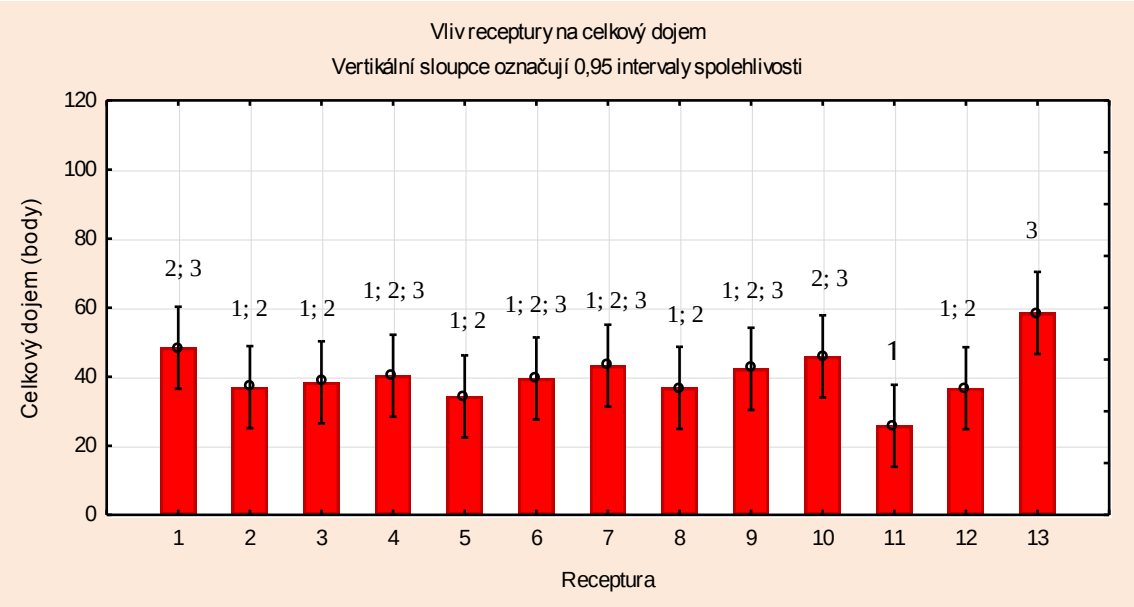
Obr. 22 Vliv receptury na kyprost

Vz. č. 1 – kontrolní vzorek bez přídavku vlákniny,
vz. č. 2 – s 3 %, vz. č. 3 – s 6 %, vz. č. 4 – s 9 % přídavkem pšeničné vlákniny (WF 600),
vz č. 5 – s 3 %, vz. č. 6 – s 6 %, vz. č. 7 – s 9 % přídavkem bramborové vlákniny (KF 200),
vz. č. 8 – s 3 %, vz. č. 9 – s 6 %, vz. č. 10 – s 9 % přídavkem jablečné vlákniny (AF 12),
vz č. 11 – s 3 %, vz. č. 12 – s 6 %, vz. č. 13 – s 9 % přídavkem psyllia + pšen. vl. (P 95:WF 600/3:7).

Z obrázku 22 je zřejmé, že nejlepší kyprost měl vzorek č. 11 (s 16,5 body) s přídavkem 3 % psyllia a pšeničné vlákniny a vzorek č. 6 (s 18,9 body) s přídavkem 6 % bramborové vlákniny. Nejhůře byla hodnocena kontrola, kdy výrobek se jevil málo nakypřený. Pomocí Duncanova testu byly vzorky rozděleny do čtyř homogenních skupin (viz. Příloha 22) a byl prokázán statisticky významný rozdíl mezi kontrolou a vzorkem č. 6, 7 a 11.

PŘÍHODA et al., (2003) uvádí, že kyprost výrobků je ovlivněná především přídavkem čerstvého droždí s použitím kmenu *Saccharomyces cerevisce Hansen*. Dále je ovlivněn také objem, struktura a senzorické vlastnosti.

Celkový dojem výrobku



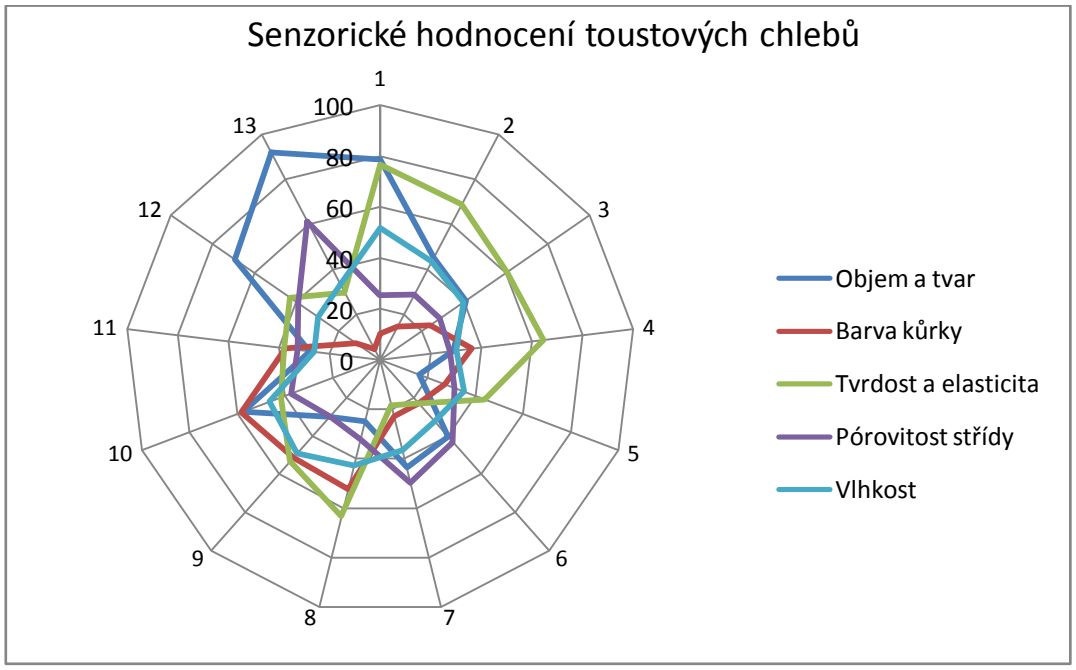
Obr. 23 Vliv receptury na celkový dojem výrobku

Vz. č. 1 – kontrolní vzorek bez přídavku vlákniny,
vz. č. 2 – s 3 %, vz. č. 3 – s 6 %, vz. č. 4 – s 9 % přídavkem pšeničné vlákniny (WF 600),
vz č. 5 – s 3 %, vz. č. 6 – s 6 %, vz. č. 7 – s 9 % přídavkem bramborové vlákniny (KF 200),
vz. č. 8 – s 3 %, vz. č. 9 – s 6 %, vz. č. 10 – s 9 % přídavkem jablečné vlákniny (AF 12),
vz č. 11 – s 3 %, vz. č. 12 – s 6 %, vz. č. 13 – s 9 % přídavkem psyllia + pšen. vl. (P 95:WF 600/3:7).

Nejlepší celkový dojem (Obr. 23) byl hodnocen u vzorku č. 11 s přídavkem 3 % psyllia a pšeničné vlákniny, který měl v průměru 25,8 bodů. Druhý nejlepší byl vzorek č. 5 s přídavkem 3 % bramborové vlákniny, který měl v průměru 34,3 bodů. Nejhorší celkový dojem vykazoval vzorek č. 13, kde bylo přidáno 9 % psyllia a pšeničné vlákniny s průměrným počtem bodů 58,5. Výrobek byl těžký, tuhý a propadlý. Kontrolní vzorek dopadl v pořadí jako druhý nejhorší se 48,4 body. Pomocí Duncanova testu (viz. Příloha 23) byly vzorky zařazeny do tří homogenních skupin s hladinou významnosti alfa = 0,05 a byl prokázán statisticky významný rozdíl mezi kontrolou a vzorkem č. 11.

Zhodnocení senzorického hodnocení

Obrázek 24 znázorňuje pouze vybrané deskriptory, které měly největší vliv na kvalitu toustových chlebů při senzorickém vyhodnocení.



Obr. 24 Senzorické hodnocení toustových chlebů

Vz. č. 1 – kontrolní vzorek bez přídavku vlákniny,
vz. č. 2 – s 3 %, vz. č. 3 – s 6 %, vz. č. 4 – s 9 % přídavkem pšeničné vlákniny (WF 600),
vz č. 5 – s 3 %, vz. č. 6 – s 6 %, vz. č. 7 – s 9 % přídavkem bramborové vlákniny (KF 200),
vz. č. 8 – s 3 %, vz. č. 9 – s 6 %, vz. č. 10 – s 9 % přídavkem jablečné vlákniny (AF 12),
vz č. 11 – s 3 %, vz. č. 12 – s 6 %, vz. č. 13 – s 9 % přídavkem psyllia + pšen. vl. (P 95:WF 600/3:7).

Jak uvádí TUNGLAND A MEYER (2002), hydratace neboli absorpce vody vlákninou závisí na použitém druhu vlákniny, délce vlákna, velikosti částic, pórovitosti vláken a koncentraci použité vlákniny, což se projeví na konečné kvalitě výrobku. Ve všech případech přídavek vlákniny zvýšil vaznost vody a výrobky se jevili příjemně vlhké, oproti kontrolnímu vzorku, který byl hodnocen 51,7 body a vykazoval brouskovitý okraj. Pšeničná vláknina měla nejlepší vliv na výrobek, protože s rostoucí procentuální koncentrací přidané vlákniny se vlhkost zvyšovala spolu s objemem. V ostatních případech to bylo opačně, čím vyšší přídavek vlákniny a vody k receptuře, tím menší objem výrobek měl. Jelikož pšeničná vláknina neměla nejlepší hodnocení ze všech, přesto měla zlepšující vliv na kvalitu toustových chlebů, protože se hodnoty odchylovaly nejméně.

Vyšší koncentrace přidané vlákniny měla zhoršující vliv na pórovitost střídy, kdy póry byly větší a méně pravidelné, ale zlepšující účinek na tvrdost a elasticitu, výrobky byly měkčí a příjemnější.

Jablečná vláknina nejvíce ovlivnila barvu výrobku, což bylo zřejmé už při jejím přídavku k základní receptuře. Těsto bylo tmavší než ostatní. MASOODI a CHAUHAN (1998) doporučují jablečnou vlákninu přidávat do pšeničných těst v množství pouze do 5 %, aby byl výrobek ještě senzoricky přijatelný. U bramborové vlákniny byl rozdíl v barvě jen nepatrný. Kontrolní vzorek byl nejsvětlejší, jelikož nebyl ovlivněn přídavkem vlákniny.

U vůně a chuti nebyl prokázán statisticky významný rozdíl. Chleby s přidanou vlákninou přesto vynikaly typickou a příjemnou chutí a vůní po použité vláknině.

ZHARFI, MOVAHED et al., (2012) také prokázali, že přídavek banánové vlákniny k základní receptuře z pšeničné mouky v množství 10 %, 15 % a 20 % zlepšil senzorickou přijatelnost chlebů ve srovnání s kontrolním vzorkem. Zlepšila se chuť, vůně, žvýkatelnost a celková vlhkost toustových chlebů. Navíc se zvýšila také nutriční hodnota a zdravotní přínos pro spotřebitele.

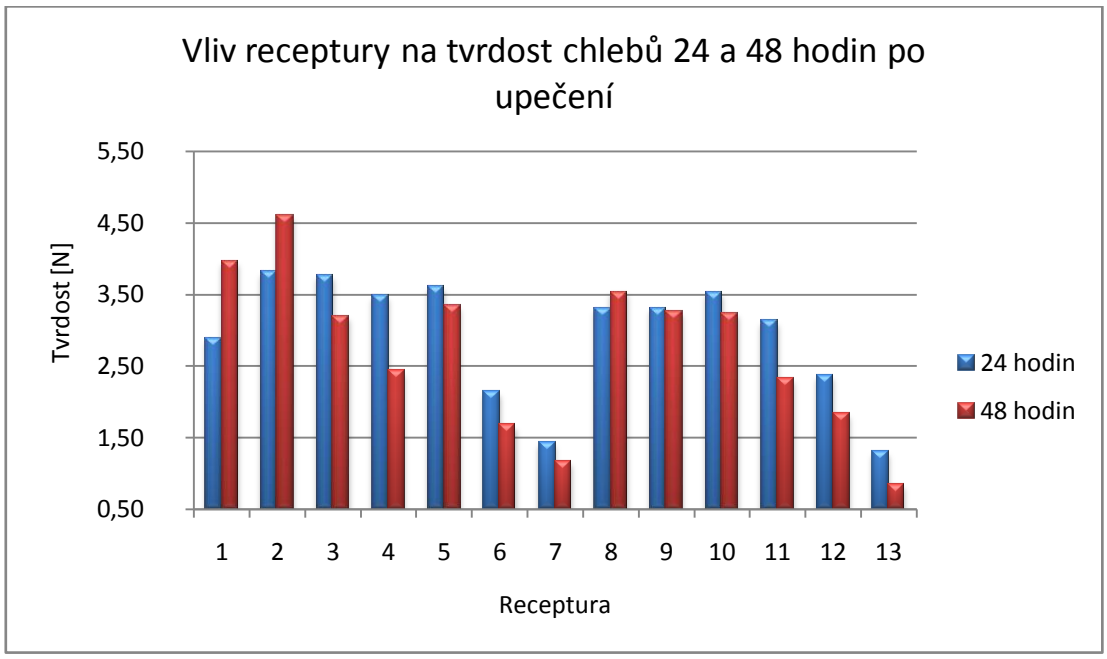
5.3 Hodnocení tvrdosti toustových chlebů

Tvrdost chlebů měřená v [N] pomocí přístroje TIRA-test je významným ukazatelem trvanlivosti výrobků, proto byla naměřena 24 a 48 hodin po upečení.

Vliv na trvanlivost a kvalitu výrobků má částečně také způsob pečení. KUČEROVÁ (2004) uvádí, že horkovzdušné rotační boxové pece, ve kterých byly chleby upečeny, jsou vhodné pro pečení chlebů o hmotnosti max. 1 kg. Při pečení totiž dochází k rovnoměrnému proudění horkého vzduchu, což zaručí dostatečné propečení, ale trvanlivost výrobku se rychleji zhoršuje. SHYU, SUNG et al., (2008) doporučují k rovnoměrnému propečení infračervené pece, které naopak mají trvanlivost výrobků prodlužovat. Kromě trvanlivosti mají infračervené pece také zlepšující vliv na texturu a senzorickou kvalitu výrobků.

Obrázek 25 udává srovnání průměrných hodnot v [N] u naměřených vzorků TIRA-testem 24 a 48 hodin po upečení. Pro lepší srovnání byla z naměřených hodnot provedena základní popisná statistika (viz. Příloha 24), kde byl z naměřených výsledků

vypočten průměr, medián, minimum, maximum, dolní a horní kvartil a směrodatná odchylka.



Obr. 25 Vliv receptury na tvrdost chlebů [N] 24 a 48 hodin po upečení

Vz. č. 1 – kontrolní vzorek bez přídavku vlákniny,
vz. č. 2 – s 3 %, vz. č. 3 – s 6 %, vz. č. 4 – s 9 % přídavkem pšeničné vlákniny (WF 600),
vz č. 5 – s 3 %, vz. č. 6 – s 6 %, vz. č. 7 – s 9 % přídavkem bramborové vlákniny (KF 200),
vz. č. 8 – s 3 %, vz. č. 9 – s 6 %, vz. č. 10 – s 9 % přídavkem jablečné vlákniny (AF 12),
vz č. 11 – s 3 %, vz. č. 12 – s 6 %, vz. č. 13 – s 9 % přídavkem psyllia + pšen. vl. (P 95:WF 600/3:7).

Je zřejmé (Obr. 25), že kontrola a vzorek č. 2 byly 24 hodin po upečení výrazně měkčí než 48 hodin po upečení. U kontroly s tvrdostí 2,89 N naměřenou 24 hodin po upečení vzrostla po 48 hodinách až na 3,96 N, což bylo asi o 27,02 % více. Daný vzorek vykazoval velmi nízkou trvanlivost. Totéž vykazoval vzorek č. 2, jehož počáteční tvrdost naměřená po 24 hodinách byla 3,81 N a po 48 hodinách vzrostla o 17,17 % na 4,60 N. U vzorku č. 8 se tvrdost zvýšila jen nepatrně o 6,5 %.

V ostatních případech bylo prokázáno, že přídavek vlákniny zvyšuje údržnost a trvanlivost výrobků, protože se tvrdost po 48 hodinách snížila. Pšeničná vláknina vykazovala zhruba stejnou tvrdost 24 hodin po upečení, ale po 48 hodinách byl nejměkčí vzorek č. 4 (2,43 N) s přídavkem 9 % dané vlákniny.

U bramborové vlákniny se s vyšším přídavkem výrazně snižovala tvrdost. Nejměkčí byl opět vzorek s nejvyšším procentuálním přídavkem vlákniny. CURTI, CARINI et al., (2016), provedli studii, kde zkoumali přídavek bramborové

vlákniny extrahované z kůry brambor v množství 0,4 g/100 g pšeničné mouky. U vzorku č. 1 přidali 0,4 g vlákniny/100 g mouky a 4 % vody na vlákninu, vzorek č. 2 byl s přídavkem 0,4 g vlákniny/100 g mouky, bez dalšího přídavku vody a vzorek č. 3 byla kontrola. Zjistili, že s rostoucí dobou skladování se zvyšovala měkkost střídy u vzorku č. 1 a tedy i údržnost výrobku, díky dobré retenci vody vlákninou. Vzorek č. 1 byl po 7 dnech skladování nejměkčí 2,6 N, u vzorku č. 2 (bez přídavku vody) byla naměřena tvrdost 3,7 N, kontrola měla 4,5 N a byla nejtvrdší.

U jablečné vlákniny byla tvrdost stálá, což dokazuje, že různé množství přidané vlákniny neovlivňuje výrobek, ale zachovává jeho původní vlastnosti, což je pro většinu konzumentů nejpřijatelnější. S vyšším procentuálním přídavkem psyllia a pšeničné vlákniny tvrdost rovnoměrně klesala. Nejmenší tvrdost měl vzorek č. 13 s přídavkem 9 % psyllia a pšeničné vlákniny, který měl tvrdost 1,31 N po 24 hodinách a 0,85 N po 48 hodinách, rozdíl činil 35,11 %.

SABANIS, LEBESI et al., (2009) tvrdí, že vláknina zlepšuje měkkost a trvanlivost výrobků. Po upečení během chlazení totiž dochází k vyrovnání tlaku par mezi kůrou a střídou, voda migruje k povrchu, ale díky vláknině je zadržována ve střídě, což způsobuje měkkost a delší trvanlivost.

Firma J. RETTENMAIER & SÖHNE (2016) zkoumala vliv přídavku vláknin k základní receptuře na pevnost/texturu toustových chlebů v [N]. V základní receptuře byla použita pšeničná mouka T 550 v množství 1 kg/chléb. Zkoumali vliv pšeničné vlákniny (WF 600) v poměru s vodou 1:3, kombinaci pšeničné a bramborové vlákniny (WF 600 + KF 200) v poměru s vodou 1:3,5. Dále kombinaci pšeničné vlákniny s psylliem (WF 600 + P 95) v poměru s vodou 1:5 a pšeničné vlákniny s bramborovou vlákninou a psylliem (WF 600 + KF 200 + P 95) také v poměru 1:5. Z důvodu kombinování různých vláknin museli použít větší množství vody. Pevnost měřili 1 až 5 dní po upečení, kdy nejvíce znatelný rozdíl byl 2 a 5 den. Zjistili, že přídavek vláknin oproti standardu má dosti zlepšující vliv na texturu i na údržnost výrobků. Výrobky s přidanou vlákninou tvrdli pomaleji oproti kontrole. Nejměkčí byl vzorek s přídavkem kombinace pšeničné vlákniny s psylliem, jehož pevnost byla 2 den 2,5 N a 5 den 3,3 N s rozdílem 0,8 N. Jako druhý nejměkčí byl vzorek s přídavkem kombinace pšeničné a bramborové vlákniny s psylliem, jehož pevnost byla 2 den 2,7 N a 5 den 3,4 N s rozdílem 0,7 N. Nejtvrdší byla kontrola, jejíž tvrdost byla 2 den 4,1 N a 5 den 6,3 N s rozdílem 2,2 N.

5.4 Spektrofotometrické hodnocení barvy toustových chlebů

Vzorky toustových chlebů o tloušťce cca 15 mm byly naměřeny pomocí spektrofotometru Konica Minolta CM-3500d a výsledky byly vyhodnoceny pomocí softwarového programu CMs-100w Spectramagic NX. Hodnocení barvy chlebové střídy pro všechny vzorky uvádí tabulka 5.

Tab. 5 Výsledky vyhodnocení barvy

Vzorek č.	L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)
1	73,68	2,28	23,46
2	75,03	1,44	22,27
3	75,09	1,43	21,29
4	73,8	1,17	20,9
5	70,77	0,81	19,04
6	65,98	1,9	20,13
7	64,98	2,12	19,51
8	65,93	2,91	19,11
9	59,37	4,36	18,99
10	54,77	4,9	18,11
11	72,43	1,47	21,15
12	68,99	2,53	19,94
13	68,12	2,56	18,3

Vz. č. 1 – kontrolní vzorek bez přídavku vlákniny,
vz. č. 2 – s 3 %, vz. č. 3 – s 6 %, vz. č. 4 – s 9 % přídavkem pšeničné vlákniny (WF 600),
vz č. 5 – s 3 %, vz. č. 6 – s 6 %, vz. č. 7 – s 9 % přídavkem bramborové vlákniny (KF 200),
vz. č. 8 – s 3 %, vz. č. 9 – s 6 %, vz. č. 10 – s 9 % přídavkem jablečné vlákniny (AF 12),
vz č. 11 – s 3 %, vz. č. 12 – s 6 %, vz. č. 13 – s 9 % přídavkem psyllia + pšen. vl. (P 95:WF 600/3:7).

Nejsvětlejší barvu střídy (Tab. 5) měl vzorek č. 2, 3 a 4 s přídavkem různé koncentrace pšeničné vlákniny, jelikož barva samotné vlákniny byla velice podobná barvě pšeničné mouky. ALMEIDA, CHANG et al., (2013) ve své studii tvrdí, že se zvyšujícím se přídavkem pšeničné vlákniny k těstu, která byla získaná z pšeničných otrub, byla barva upečených chlebů výrazně tmavší a sytější.

Nejtmavší střídu měl vzorek č. 10, 9 a 8 s přídavkem různé koncentrace jablečné vlákniny. Je zřejmé, že se zvyšující se koncentrací přidané vlákniny vzorky vykazovaly ve všech případech tmavší barvu. Podle SÝKORY a ŠUSTOVÉ (2016) se při měření musí brát v potaz charakteristické vlastnosti zkoumané potraviny, především její složení, které ovlivňují elektromagnetický paprsek. Ten se může odrazit (reflexe), lomit

(refrakce) nebo prostoupit (transmise). Dále POPOV-RALJIĆ, MASTILOVIĆ et al., (2009) zjistili pomocí spektrofotometru MOM-color 100 v systému CIELAB, že s dobou stárnutí chleba barva výrobků tmavne z důvodu zvětrávání, které je odvislé od velikosti póru a použitých surovin.

Pro vlastní ověření byl koordinátor měrné světlosti L* (lightness) systému CIELAB pro všech 13 vzorků vyhodnocen Duncanovým testem s hladinou významnosti alfa = 0,01 (viz. Příloha 25). Vzorky byly rozděleny do 8 homogenních skupin a byl prokázán statisticky významný rozdíl mezi kontrolou a vzorkem č. 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12 a 13, což dokazuje, že vláknina má vliv na barvu upečených chlebů.

5.5 Nutriční hodnocení toustových chlebů a příjem vlákniny

Dle Nařízení EU č. 1169/2011 Sb. v aktuálním znění, byly převzaty povinné údaje průměrných výživových hodnot (na 100 g) deklarované výrobcem na obalu, jejichž přepočet a stanovení konečné výživové hodnoty uvádí tabulka 6.

Tab. 6 Průměrné výživové hodnoty upečených chlebů přepočtené na 100 g

	Množství vlákniny	**Energetická hodnota**	**Tuky [g]**	**Nasycené MK [g]**	**Sacharidy [g]**	**Cukry [g]**	**Proteiny [g]**	**Sůl [g]**	**Vláknina [g]**
Kontrola	0 %	1401,25 kJ/ 332,89 kcal	11,26	3,29	48,08	1,46	8,82	1,35	2,15
WF 600	3 %	1300,78 kJ/ 309,03 kcal	10,45	3,05	44,62	1,36	8,19	1,26	3,53
	6 %	1228,62 kJ/ 291,89 kcal	9,87	2,88	42,13	1,29	7,74	1,19	5,07
	9 %	1158,75 kJ/ 275,29 kcal	9,31	2,72	39,72	1,21	7,31	1,13	6,42
KF 200	3 %	1259,26 kJ/ 299,14 kcal	10,02	2,92	43,34	1,31	7,98	1,21	3,17
	6 %	1209,71 kJ/ 287,35 kcal	9,51	2,78	41,78	1,24	7,71	1,15	4,44
	9 %	1089,91 kJ/ 258,87 kcal	8,46	2,47	37,77	1,11	7,00	1,02	5,23
AF 12	3 %	1312,77 kJ/ 311,88 kcal	10,43	3,05	45,18	1,49	8,22	1,24	3,56
	6 %	1236,53 kJ/ 293,79 kcal	9,70	2,84	42,70	1,53	7,69	1,14	5,04
	9 %	1146,70 kJ/	8,88	2,60	39,72	1,53	7,09	1,04	6,16

		272,46 kcal							
P 95 + WF 600	3 %	1228,94 kJ/ 291,96 kcal	9,87	2,88	42,16	1,29	7,75	1,19	3,35
	6 %	1136,54 kJ/ 270,01 kcal	9,12	2,66	38,99	1,19	7,18	1,10	4,73
	9 %	1010,89 kJ/ 240,16 kcal	8,11	2,37	34,68	1,06	6,40	0,98	5,66

WF 600 – pšeničná vl., KF 200 – bramborová vl., AF 12 – jablečná vl., P 95 – psyllium.

Z tabulky 6 je patrné, že přídavek vlákniny se zvyšující se procentuální koncentrací pozitivně snižoval výživovou hodnotu upečených chlebů. Naopak kontrolní vzorek bez přídavku vlákniny měl nejvyšší výživovou hodnotu, což může být pro spotřebitele méně žádoucí.

Zdravotní tvrzení pro spotřebitele při označování potravin z hlediska nutriční hodnoty musí být v souladu s Nařízením (ES) č. 1924/2006 Sb., v aktuálním znění. Nařízení stanovuje dvě významná tvrzení:

Zdroj vlákniny: *„Tvrzení, že potravina je zdrojem vlákniny, a jakékoli tvrzení, které má stejný význam pro spotřebitele, lze použít pouze tehdy, obsahuje-li produkt alespoň 3 g vlákniny na 100 g nebo alespoň 1,5 g vlákniny na 100 kcal“*. Toto tvrzení lze použít u všech upečených chlebů, výjma kontrolního vzorku, který obsahoval pouze 2,15 g vlákniny/100 g.

Vysoký obsah vlákniny: *„Tvrzení, že potraviny s vysokým obsahem vlákniny, a jakékoli tvrzení, které má stejný význam pro spotřebitele, lze použít pouze tehdy, obsahuje-li produkt alespoň 6 g vlákniny na 100 g nebo alespoň 3 g vlákniny na 100 kcal“*. Toto tvrzení lze použít při přídavku 9 % pšeničné vlákniny (s obsahem 6,42 g vlákniny/100 g) a 9 % jablečné vlákniny (s obsahem 6,16 g vlákniny/100 g). Ostatní vzorky s přídavkem 9 % vlákniny se značně přibližovali tomuto tvrzení.

FEILI, ZZAMAN et al., (2013) dále tvrdí, že chléb s vysokým obsahem vlákniny je řazen do kategorie funkčních potravin s fyziologickým a zdravotním účinkem.

Příjem vlákniny

Příjem vlákniny je ve většině dostupných zdrojů uváděn jako celkový příjem ovoce, zeleniny, obilovin a výrobků, v nichž je vláknina obsažena. Statistiku příjmu těchto potravin v kg/osobu za rok 2015 uvádí ČSÚ.

Tab. 7 Spotřeba vybraných druhů potravin na obyvatele v kg za rok 2015

Potravina	**Spotřeba na obyvatele v [kg/rok]**	**Potravina**	**Spotřeba na obyvatele v [kg/rok]**
Pšeničná mouka	95,2	Mrkev	6,7
Kroupy, ječná krupice, ovesné vločky	1,8	Rajčata	11,2
Chléb	39,8	Brambory	66,3
Pšeničné pečivo (světlé)	47,9	Kukuřice (zrno)	1,1
Jablka	22,3	Zelený hrášek	0,6
Pomeranče a mandarinky	13,1	Fazole	1,0
Banány	9,9	Čočka	0,7

Spotřebu vybraných druhů potravin na obyvatele v kg za rok 2015 uvádí tabulka 7 a množství obsažené vlákniny v těchto potravinách je uvedeno v Příloze 2.

WUENSTEL, WADOLOWSKA et al., (2016) provedli polský průzkum příjmu vlákniny u adolescentů. Studie se zúčastnilo celkem 1565 adolescentů ve věku 13 až 18 let, z toho 48 % chlapců a 52 % dívek. Byl zkoumán vliv věku a pohlaví na množství přijaté vlákniny v potravě pomocí dotazníku s bodovou stupnicí 0–36. Chlapci (Ch) a dívky (D) byly rozděleny do tří věkových skupin: 13–14,9 (1); 15–16,9 (2); 17–18,9 (3). Ukázalo se, že v nejmladší skupině (1) měly dívky vyšší příjem vlákniny, než chlapci (19,3 bodů D x 18,5 bodů Ch). Ve střední skupině (2) se příjem vlákniny u chlapců a dívek významně nelišil, ale výrazněji se snížil příjem jednotlivých potravin. V nejstarší skupině (3) se opět příjem vlákniny u dívek a chlapců nelišil, ale výrazně se snížili průměrné hodnoty příjmu ovoce, zeleniny a tmavého chleba.

Z celkové analýzy vyplývá rozdílné procento příjmu vlákniny u chlapců a dívek: čerstvá zelenina (40 % Ch x 52 % D), bílý chléb a rohlíky (78 % Ch x 63 % D), tmavý chléb (18 % Ch x 28 % D). Zjistilo se, že chlapci přijímají mnohem méně vlákniny než dívky. Věk a pohlaví tedy významně ovlivňuje příjem vlákniny, protože se zvyšující se věkovou skupinou klesaly průměrné hodnoty příjmu vlákniny.

6 ZÁVĚR

Cílem práce bylo navrhnout recepturu a následně zjistit vliv přídavku různých druhů vláknin na kvalitu toustových chlebů. Byla použita vláknina VITACEL® od firmy J. RETTENMAIER & SÖHNE (JRS): pšeničná vláknina (WF 600), bramborová vláknina (KF 200), jablečná vláknina (AF 12) a kombinace pšeničné vlákniny s psylliem (WF 600 + P 95). Vlákniny byly k navržené receptuře přidávány v množství 3 %, 6 % a 9 %.

Kvalita byla posuzována na základě provedení pekařského pokusu, který byl následně vyhodnocen. Byly měřeny parametry: celková hmotnost před a po upečení, poměrové číslo, ztráty pečením, celkový objem chlebů a množství vody ve výrobcích. Dále byly chleby senzoricky hodnoceny pomocí navrženého senzorického dotazníku, byla provedená tahová/tlaková zkouška TIRA-testem, stanovená barva spektrofotometricky a nakonec byla vypočtená nutriční hodnota upečených chlebů. Výsledky všech měření byly pomocí programu Statistica 12 a MS Excel zpracovány a vyhodnoceny následovně:

Největší hmotnost po upečení měl vzorek s přídavkem 9 % psyllia a pšeničné vlákniny (1004 g). Druhý nejtěžší byl vzorek s přídavkem 9 % bramborové vlákniny (962 g). Nejmenší hmotnost měla kontrola (722 g), bez přídavku vlákniny.

Nejlepší tvar výrobku, který je určen poměrovým číslem měl vzorek s přídavkem 9 % pšeničné vlákniny (0,83), vzorek s přídavkem 6 % a 9 % jablečné vlákniny (s hodnotami 0,83 a 0,87) a vzorek s přídavkem 3 % psyllia a pšeničné vlákniny (0,82). Ostatní vzorky měly nízké poměrové číslo.

Nejmenší ztráty pečením měl vzorek s přídavkem 9 % jablečné vlákniny (12,29 %), který zadržel nejvíce vody v průběhu pečení. Naopak největší ztráty pečením 18,16 % a 18,06 % byly zaznamenány u vzorku s přídavkem 6 % a 9 % bramborové vlákniny.

Největší množství vody obsahoval vzorek s přídavkem 9 % bramborové vlákniny (51,53 %) a vzorek s přídavkem 9 % psyllia a pšeničné vlákniny (51,82 %). Vzorky byly vlhké, lepivé a měly největší hmotnost. Naopak nejméně vody obsahovala kontrola (37 %), což se dalo předpokládat.

Pozitivní vliv na objem chlebů měl přídavek jakékoliv vlákniny v množství 3 % k základní receptuře. Nejlepší vliv měla pšeničná vláknina, jejíž objem se zvětšoval. Největší objem měl vzorek s přídavkem 3 % bramborové vlákniny (244,2 ml/100 g)

a vzorek s přídavkem 3 % psyllia a pšeničné vlákniny (245,3 ml/100 g). Nejmenší objem měl vzorek s přídavkem 9 % psyllia a pšeničné vlákniny (153,4 ml/100 g) a vzorek s přídavkem 9 % bramborové vlákniny (175,4 ml/100 g).

Dle senzorického hodnocení byl celkový objem a tvar výrobku nejlépe hodnocen u vzorku s přídavkem 3 % bramborové vlákniny (s 16,3 body), 3 % jablečné vlákniny a 3 % psyllia a pšeničné vlákniny s průměrným počtem bodů 24,9 a 27,8. Nejsvětlejší barvu kůrky měl vzorek s přídavkem 9 % psyllia a pšeničné vlákniny (s 4,9 body), naopak nejtmavší měly vzorky s přídavkem jablečné vlákniny. U tloušťky kůrky, vůně a chuti nebyl prokázán statisticky významný rozdíl. Tvrdost a elasticita byla nejlépe hodnocena u vzorku s přídavkem 9 % a 6 % bramborové vlákniny s průměrným počtem bodů 18,4 a 22,7. Vzorek s přídavkem 9 % psyllia a pšeničné vlákniny měl 29,9 bodů. Nejlepší pórovitost měla kontrola, která měla v průměru 25,4 bodů a nebyla ovlivněná vlákninou. Nejhorší pórovitost měl vzorek s přídavkem 9 % psyllia a pšeničné vlákniny. Příjemnou vlhkost měl vzorek s přídavkem 3 % psyllia a pšeničné vlákniny, který měl 26 bodů. Nejlepší kyprost měl vzorek s přídavkem 3 % psyllia a pšeničné vlákniny. Nejlepší celkový dojem měl vzorek s přídavkem 3 % psyllia a pšeničné vlákniny a 3 % bramborové vlákniny a tudíž byly senzoricky nejpřijatelnější.

Nejstabilnější tvrdost měřenou TIRA-testem, měla jablečná vláknina, u které byla tvrdost 24 a 48 hodin po upečení stejná. Kontrola a vzorek s přídavkem 3 % pšeničné vlákniny byly výrazně měkčí 24 hodin po upečení, než 48 hodin, což prokazuje, že chléb byl méně údržný. V ostatních případech bylo prokázáno, že vyšší přídavek vlákniny prodlužuje trvanlivost a měkkost výrobků.

Při měření barvy spektrofotometrem bylo zjištěno, že nejsvětlejší barvu měl přídavek pšeničné vlákniny v různých koncentracích. Nejtmavší barvu měla jablečná vláknina.

Při stanovení nutriční hodnoty chlebů bylo zjištěno, že nejvyšší nutriční hodnotu měla kontrola 1401,25 kJ/100 g výrobku. U ostatních vzorků bylo prokázáno, že zvyšující se koncentrace přidané vlákniny pozitivně snižuje nutriční hodnotu upečených chlebů, což je velice výhodné z hlediska redukčních diet.

Z diplomové práce je patrné, že vláknina v každém případě ovlivňuje kvalitu toustových chlebů, což je značně odvislé od přídavku procentuálního množství a druhu použité vlákniny. Důležité je, jak vnímáme kvalitu a jaké preferujeme vlastnosti při výběru chlebů. Dle těchto požadavků pak volíme druh a množství přidané vlákniny.

7 LITERATURA

ALMEIDA E. L., CHANG Y. K. a STEEL C. J., 2013: Dietary fibre sources in bread: Influence on technological quality. *LWT - Food Science and Technology* [online]. 50 (2), 545-553 s. [cit. 2017-02-28]. DOI: 10.1016/j.lwt.2012.08.012. ISSN 00236438. Dostupné z: http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643812003489

ANDERSON J. W., BAIRD P., DAVIS J. R., FERRERI S., KNUDSTON M., KORAYM A., WATERS V. a WILLIAMS CH. L., 2009: Health benefits of dietary fiber. *Nutrition Reviews* [online]. 67 (4), 188-205 s. [cit. 2016-08-21]. Dostupné z: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19335713

ANIL M., 2007: Using of hazelnut testa as a source of dietary fiber in breadmaking. *Journal of Food Engineering* [online]. 80 (1), 61-67 s. [cit. 2017-03-01]. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2006.05.003. ISSN 02608774. Dostupné z: http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877406003931

ARMBRUST B., 2014: *Chléb*. Přeložila Alena BEZDĚKOVÁ. Praha: Ikar. ISBN 978-80-249-2383-3

ASPINALL G. O., 2016: Polysaccharides: The Commonwealth and international library. *A Course in organic chemistry*. Přepracované vydání. Elsevier, 244 s. ISBN 9781483186436.

BENKEBLIA N., 2014: *Polysaccharides: natural fibers in food and nutrition* [online]. Boca Raton: CRC Press [cit. 2016-09-12]. ISBN 978-146-6571-815

BELGHITH F. L., CHAARI F., MAALOUL M., KALLEL F., ABDELKAFI L., CHAABOUNI E. S. a GHRIBI-AYDI D., 2016: Wheat bread enrichment by pea and broad bean pods fibers: Effect on dough rheology and bread quality. *LWT - Food Science and Technology* [online]. 73, 584-591 s. [cit. 2017-03-13]. DOI: 10.1016/j.lwt.2016.06.070. ISSN 00236438. Dostupné z: http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643816304029

BLÁHA L. a ŠREK F., 1999: *Suroviny pro učební obor Cukrář.* Cukrářka. 3. Praha: Informatorium. ISBN 80-86073-44-0.

BUTRUM R. R., CLIFFORD C. K. a LANZA E., 1988: NCI dietary guidelines: rationale. *Am. J. Clin. Nutr.* [online]. 48, 888-895 s. [cit. 2016-09-11]. Dostupné z: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3046317

CURTI E., CARINI E., DIANTOM A. a VITTADINI E., 2016: The use of potato fibre to improve bread physico-chemical properties during storage. *Food Chemistry* [online]. 195, 64-70 s. [cit. 2017-02-28]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.03.092. ISSN 03088146. Dostupné z: http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814615004641

ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD, 2015: [online]; [cit. 2017-01-25]. Dostupné z: https://www.czso.cz/documents/10180/32782524/2701391601.pdf/ceb2a48c-c8b3-4383-b684-f12ff8bcd1fe?version=1.0

ČSN 56 0116-3, 1995: Stanovení obsahu vody v pekařských výrobcích: metoda A. Praha: Český normalizační institut

ČSN ISO 8589, 2008: Senzorická analýza: obecné pokyny pro uspořádání senzorického pracoviště. Praha: Český normalizační institut

DIDAR Z., POURFARZAD A. a HADDAD KHODAPARAST M. H., 2010: Effect of Different Lactic Acid Bacteria on Phytic Acid Content and Quality of whole Wheat Toast Bread. *World Academy of Science, Engineering and Technology* [online]. 8 (4) [cit. 2017-01-25]. Dostupné z: http://waset.org/publications/14388/effect-of-different-lactic-acid-bacteria-on-phytic-acid-content-and-quality-of-whole-wheat-toast-bread

DOSTÁLOVÁ J. a KADLEC P., 2014: *Potravinářské zbožíznalství: technologie potravin*. Ostrava: Key Publishing. ISBN 978-80-7418-208-2

DUMITRIU S., 2004: *Polysaccharides: structural diversity and functional versatility*. Vydání 2. New York: Marcel Dekker. ISBN 08-247-5480-8.

DWYER J., 1995: Owerwiev: dietary approaches for reducing cardiovascular disease risks. *Journal of Nutrition* [online]. 125, 656-665 s. [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/15313777_Overview_dietary_approaches_for_reducing_cardiovascular_disease_risks

EL KHOURY D., CUDA C., LUHOVYY B. L. a ANDERSON G. H., 2012: Beta Glucan: Health Benefits in Obesity and Metabolic Syndrome. *Journal of Nutrition and Metabolism* [online]; [cit. 2016-09-12]. DOI: 10.1155/2012/851362. ISSN 2090-0724. Dostupné z: http://www.hindawi.com/journals/jnme/2012/851362/

FEILI R., ZZAMAN W., ABDULLAH W. N. W. a YANG T. A., 2013: Physical and Sensory Analysis of High Fiber Bread Incorporated with Jackfruit Rind Flour. *Food Science and Technology* [online]. 1 (2), 30-36 s. [cit. 2017-02-28]. DOI: 10.13189/fst.2013.010203. Dostupné z: http://www.hrpub.org/download/201309/fst.2013.010203.pdf

FOŘT P., 2005: *Zdraví a potravní doplňky: Encyklopedie potravních doplňků pro racionální výživu a péči o zdraví*. Praha: Ikar, 398 s. ISBN 80-249-0612-0.

GELLYNCK X., KÜHNE B., VAN BOCKSTAELE F., VAN DE WALLE D. a DEWETTINCK K., 2009: Consumer perception of bread quality. *Appetite* [online]. 53 (1), 16-23 s. [cit. 2017-02-28]. DOI: 10.1016/j.appet.2009.04.002. ISSN 01956663. Dostupné z: http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0195666309000646

GINTER E., 1998: Governments and Roma communities must help to improve outlook for Gypsies. *BMJ* [online]. 316 (96), 1825 s. [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9652943

GORDON D. T., 1999: Defining dietary fiber–a progress report. *Cereal Foods World*. 44 (5), 336 s.

GRANBY K., NIELSEN N. J., HEDEGAARD R. V., CHRISTENSEN T., KANN M. a SKIBSTED L. H., 2008: Acrylamide–asparagine relationship in baked/toasted wheat and rye breads. *Food Additives* [online]. 25 (8), 921-929 s. [cit. 2016-10-09]. DOI: 10.1080/02652030801958905. ISSN 1944-0049. Dostupné z: http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02652030801958905

HOLLMANN J. a LINDHAUER M. G., 2004: Isolierung und Structur von Ballaststoffen auf Arabinoxylanbasis aus der Weizenkleie. *Getreidetechnologie* [online]. 58, 343-348 s. [cit. 2016-10-15]. Dostupné z: http://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/97017.pdf

HONZÍK Z., 2016: Ústní sdělení, konzultace.

HŘIVNA L., 2014: *Technologie sacharidů*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 158 s. ISBN 978-80-7509-022-5.

CHO S. a DREHER M. L., 2001: *Handbook of dietary fiber*. New York: M. Dekker, Food science and technology, 113 s. ISBN 08-247-8960-1.

INGLETT G. E. a FALKEHAG S. I., 2012: *Dietary Fibers Chemistry and Nutritions*. Oxford: Elsevier Science. ISBN 978-032-3157-018.

J. RETTENMAIER & SÖHNE (JRS), 2016: [online]; [cit. 2016-09-28]. Dostupné z: http://www.jrs.eu/jrs_en/life-science/food/products/dietary-fibers/

J. RETTENMAIER & SÖHNE (JRS), 2016: Technical information: *Sandwich bread: Comparison of different VITACEL Fibres on fresh keeping*. [online]; Rosenberg (Germany), [cit. 2017-02-27]. Dostupné z: www.jrs.de

KADLEC P., MELZOCH K. a VOLDŘICH M., 2012: *Přehled tradičních potravinářských výrob: technologie potravin*. Ostrava: Key Publishing. Monografie. ISBN 978-80-7418-145-0.

KALAČ P., 2003: *Funkční potraviny: kroky ke zdraví*. České Budějovice: Dona, 130 s. ISBN 80-7322-029-6.

KASPER H., 2015: *Výživa v medicíně a dietetika.* Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4533-6.

KOHOUT P., 2010: *Potraviny - součást zdravého životního stylu*. Olomouc: Solen, 106 s. ISBN 978-80-87327-39-5.

KOMPRDA T., 2003: *Základy výživy člověka*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 162 s. ISBN 80-7157-655-7.

KOMPRDA T., 2009: *Výživou ke zdraví*. Velké Bílovice: TeMi CZ, 110 s. ISBN 978-80-87156-41-4.

KOPP R., 2016: Fotografie vláknin. Ústav zoologie, rybářství, hydrobiologie a včelařství – MENDELU.

KUNOVÁ V., 2011: *Zdravá výživa. 2.*, přepracované vydání. Praha: Grada, 140 s. ISBN 978-80-247-3433-0.

KUČEROVÁ J., 2004: *Technologie cereálií*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. ISBN 80-7157-811-8

KUČEROVÁ J., ŠOTTNÍKOVÁ V. a NEDOMOVÁ Š., 2013: Influence of Dietary Fibre Addition on the Rheological and Sensory Properties of Dough and Bakery Products. *Czech Journal Food Science* [online]. 31 (4), 340-346 s. [cit. 2017-01-18]. Dostupné z: http://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/97017.pdf

KUREK M. a WYRWISZ J., 2015: The Application of Dietary Fiber in Bread Products. *Journal of Food Processing* [online]. 06 (05). [cit. 2017-02-07]. DOI: 10.4172/2157-7110.1000447. ISSN 21577110. Dostupné z: http://www.omicsonline.org/open-access/the-application-of-dietary-fiber-in-bread-products-2157-7110-1000447.php?aid=52559

LIU Z. a MOLLER F., 2011: Bread Water Content Measurement Based on Hyperspectral Imaging. *In Scandinavian Workshop on Imaging Food Quality* [online]. Technical University of Denmark, (15), 93-98 s. [cit. 2017-03-31]. Dostupné z: http://orbit.dtu.dk/files/5667002/Pages%20from%20tr11_15-10.pdf

MARKO A., RAKICKÁ M. a ŠTURDÍK E., 2015: Funkčné zložky cereálií účinné v prevenci civilizačných ochorení. *Chem.listy*. Bratislava [online]. (109), 21-28 s. [cit. 2016-10-03]. Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2015_01_21-28.pdf

MASOODI F. A. a CHAUHAN G. S., 1998: Use of apple pomace as a source of dietary fiber in wheat bread. *Journal of Food Processing and Preservation* [online]. 22 (4), 255-263 s. [cit. 2017-02-27]. DOI: 10.1111/j.1745-4549.1998.tb00349.x. ISSN 0145-8892. Dostupné z: http://doi.wiley.com/10.1111/j.1745-4549.1998.tb00349.x

MCCANN M., WEELS B. a ROBERTS K., 1990: Direct visualization of cross-links in the primary cell walls. *Journal of Cell* Science [online]. 96, 323-334 s. [cit. 2016-10-12]. Dostupné z: http://jcs.biologists.org/content/96/2/323

MCGUIRE M. a BEERMAN K. A., 2013: *Nutritional sciences: from fundamentals to food*. Vydání 3. Belmond: Wadsworth. ISBN 978-0-8400-5839-3.

MOHSEN S. M., YASEEN A. A., AMMAR A. M. a MOHAMMAD A. A., 2010: Quality characteristics improvement of low-phenylalanine toast bread. *International Journal of Food Science* [online]. 45 (10), 2042-2051 s. [cit. 2017-02-27]. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2010.02365.x. ISSN 09505423. Dostupné z: http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2621.2010.02365.x

MULLIN G. E., MATARESE L. E. a PALMER M., 2012: *Gastrointestinal and liver disease nutrition desk reference*. Boca Raton, FL: CRC Press. ISBN 14-398-1264-0.

MÜLLEROVÁ D. a AUJEZDSKÁ A., 2014: *Hygiena, preventivní lékařství a veřejné zdravotnictví*. Praha: Karolinum. ISBN 978-80-246-2510-2.

NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (ES) č. 1924/2006 Sb., „o údajích týkajících se potravin z hlediska jejich nutriční hodnoty a vlivu na zdraví“ [online]; [cit. 2016-10-08]. Dostupné z: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:012:0003:0018:CS:PDF

NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) č. 1169/2011 Sb., o poskytování informací o potravinách spotřebitelům [online]; [cit. 2016-10-03]. Dostupné z: http://www.rrtv.cz/cz/static/cim-se-ridime/stavajici-pravni-predpisy/pdf/EP_1169_2011.pdf

NIELSEN S. S., 2010: *Food analysis*. Vydání 4. New York: Springer. ISBN 978-1-4419-1477-4.

NILSSON M., 1999: *The Dietary Fibre Complex of Rye Grain, with Emphasis on Arabinoxylan*. Uppsala: SUAS. ISBN 91-576-5494-8.

NYMAN M. a HASKÁ L., 2013: Vegetable, fruit and potato fibres. *Fibre-Rich and Wholegrain Foods*. Elsevier [online]. 193 s. [cit. 2016-10-24]. Dostupné z: http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780857090386500097

ÖTLES S. a OZGOZ S., 2015: Health effects of dietary fiber. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria* [online]. 13 (2), 191-202 s. [cit. 2016-10-16]. DOI: 10.17306/J.AFS. ISSN 16440730. Dostupné z: http://www.food.actapol.net/volume13/issue2/abstract-8.html

PASTUCHA D., 2011: *Tělovýchovné lékařství*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-2861-1.

PILCH S. M., 1987: Physiological Effects and Health Consequences of Dietary fiber, Life Sciences Research Office. *Federation of American Societies for Experimental Biology*. Bethesda, Maryland. Contract Number FDA [online]. 162-163 s. [cit. 2016-9-28]. Dostupné z: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4190221/#CR98

POPOV-RALJIĆ J. V., MASTILOVIĆ J. S., LALIČIĆ-PETRONIJEVIĆ J. G. a POPOV V. S., 2009: Investigations of Bread Production with Postponed Staling Applying Instrumental Measurements of Bread Crumb Color. *Sensors* [online]. 9 (11), 8613-8623 s. [cit. 2017-02-28]. DOI: 10.3390/s91108613. ISSN 1424-8220. Dostupné z: http://www.mdpi.com/1424-8220/9/11/8613/

PŘÍHODA J., HUMPOLÍKOVÁ P. a NOVOTNÁ D., 2003: *Základy pekárenské technologie*. Praha: Pekař a cukrář. ISBN 80-902922-1-6

PŘÍHODA J., HRUŠKOVÁ M. a SKŘIVAN P., 2004: *Cereální chemie a technologie*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. ISBN 80-708-0530-7

RINAUDO M., 2006: Chitin and chitosan: Properties and applications. *Progress in Polymer Science* [online]. 31 (7), 603-632 s. [cit. 2016-08-15]. DOI: 10.1016/j.progpolymsci.2006.06.001. ISSN 00796700. Dostupné také z: http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0079670006000530

ROSELL C. M., BAJERSKA J. a SHEIKHA A. F. E., 2016: *Bead and Its Fortification: Nutrition and Health Benefits* [online]. Food Biology Series: CRC Press, [cit. 2017-01-24]. ISBN 978-1-4987-0157-0. Dostupné z: https://books.google.cz/books?id=QsR5CgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=cs&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

SABANIS D., LEBESI D. a TZIA C., 2009: Effect of dietary fibre enrichment on selected properties of gluten-free bread. *LWT - Food Science and Technology* [online]. 42 (8), 1380-1389 s. [cit. 2017-02-27]. DOI: 10.1016/j.lwt.2009.03.010. ISSN 00236438. Dostupné z: http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643809000875

SHARARE J., VAJIHEH M. a ELAHEH M., 2014: Antifungal activity and improved quality of wheat toast bread by Iranian Lactobacillus species. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences* [online]. 5 (3), 117-126 s. [cit. 2016-10-24]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/285109272_Antifungal_activity_and_improved_quality_of_wheat_toast_bread_by_Iranian_Lactobacillus_species

SHYU Y. S., SUNG W. Ch., CHANG M. H. a HWANG J. Y., 2008: Effect of Far-Infrared Oven on the Qualities of Bakery Products. *Journal of Culinary Science* [online]. 6 (2-3), 105-118 s. [cit. 2017-02-06]. DOI: 10.1080/15428050802336955. ISSN 1542-8052. Dostupné z: http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15428050802336955

SCHWEIZER T. F. a EDWARDS C. A., 2013: *Dietary fibre a component of food: nutritional function in health and*. S. l.: Springer London. ISBN 978-144-7119-302.

SLAVIN J. L., 1987: Dietary fiber: classification, chemici analysis, and food sources. *J. Am. Diet. Assoc.* [online]. 87 (9), 1164-1171 s. [cit. 2016-09-26]. Dostupné z: http://europepmc.org/abstract/med/3040839

SMĚRNICE KOMISE EVROPSKÉHO SPOLEČENSTVÍ 2008/100/ES ze dne 28. Října 2008, kterou se mění směrnice Rady 90/496/EHS ze dne 24. Září 1990: „O nutričním označování potravin, pokud jde o doporučené denní dávky, převodní faktory pro energetickou hodnotu a definice“ [online]; [cit. 2016-08-29]. Dostupné z: http://www.eurlex.cz/dokument.aspx?celex=32008L0100

SPALLHOLZ J. E., M.BOYLAN L. a DRISKELL J. A., 1999: *Nutrition: chemistry and biology*. Vydání 2. Boca Raton: CRC Press. Modern nutrition. ISBN 08-493-8504-0.

STEPHEN A. M., PHILLIPS G. O. a WILLIAMS P. A., 2006: *Food polysaccharides and their applications.* Boca Raton, FL: CRC/Taylor. Food science and technology Taylor. ISBN 978-082-4759-223.

STRÁNSKÝ M. a RYŠAVÁ L., 2010: *Fyziologie a patofyziologie výživy*. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zdravotně sociální fakulta, 182 s. ISBN 978-80-7394-241-0.

SVAČINA Š., 2008: *Klinická dietologie*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-2256-6.

SÝKORA V. a ŠUSTOVÁ K., 2016: Barevná spektrofotometrie v mlékárenství. *Mlékařské listy-Zpravodaj*. 27, 4-7 s. ISSN 1212-950X

THOMPKINSON D. K., BHAVANA V., KANIKA P., HOEBREGS H. a SMITS G., 2014: Dietary approaches for management of cardio-vascular health- a review: a review. *Journal of Food Science and Technology* [online]. 51 (10), 2318-2330 s. [cit. 2016-09-09]. DOI: 10.1007/s13197-012-0661-8. Dostupné z: http://link.springer.com/10.1007/s13197-012-0661-8

TIWARI U. a CUMMINS E., 2009: Factors Influencing β-Glucan Levels and Molecular Weight in Cereal-Based Products. *Cereal Chemistry* [online]. 86 (3), 290-301 s. [cit. 2016-09-12]. DOI: 10.1094/CCHEM-86-3-0290. ISSN 0009-0352. Dostupné z: http://cerealchemistry.aaccnet.org/doi/abs/10.1094/CCHEM-86-3-0290

TOPPING D. L. a CLIFTON P. M., 2001: Short-chain fatty acids and human colonic function: role of resistant starch and non-starch polysaccharides. *Physiological Review* [online]. 8, 1031-1064 s. [cit. 2016-10-10]. Dostupné z: http://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/97017.pdf

TUNGLAND B. C. a MEYER D., 2002: Nondigestible Oligo- and Polysaccharides (Dietary Fiber):Their Physiologyand Role in Human Health and Food. *Comprehensive review in food science and food safety* [online]. 3 (20), [cit. 2016-11-06]. Dostupné z: http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1541-4337.2002.tb00009.x/epdf

VAN LOO J., COUSSEMENT P., DE LEENHEER L., HOEBREGS H. a SMITS G., 1995: On the presence of Inulin and Oligofructose as natural ingredients in the western diet: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* [online]. 35 (6), 525-552 s. [cit. 2016-09-09]. DOI: 10.1080/10408399509527714. ISSN 1040-8398. Dostupné z: http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408399509527714

VELÍŠEK J. a HAJŠLOVÁ J., 2009: *Chemie potravin 1*. Tábor: OSSIS, 580 s. ISBN 978-80-86659-17-6.

VENUGOPAL V., 2011: *Marine polysaccharides: food applications*. Boca Raton, FL: CRC Press/Taylor & Francis. ISBN 978-1-4398-1527-4.

VÍTOVÁ E., 2011: *Senzorická analýza: Důležitý nástroj pro zvyšování kvality potravin* [online]; [cit. 2017-01-09]. Dostupné z: http://www.chempoint.cz/vitova

VYHLÁŠKA MZe č. 182/2012 Sb., kterou se mění vyhláška č. 333/1997 Sb., kterou se provádí § 18 písm. a), d), h), i), j) a k) zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, pro mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta [online]; [cit. 2017-1-10]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/mze/ministerstvo-zemedelstvi/legislativa/prijate-predpisy-mze-dosud-neucinne/vyhlaska-c-182-2012-sb.html

VYHLÁŠKA MZe č. 331/1997 Sb., kterou se provádí § 18 písm. a), d), h), i), j) a k) zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, pro koření, jedlou sůl, dehydratované výrobky a ochucovadla a hořčici [online]; [cit. 2017-1-10]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/Legislativa-MZe_uplna-zneni_vyhlaska-1997-331-potraviny.html

VYHLÁŠKA MZe č. 330/2013 Sb., kterou se mění vyhláška č. 335/1997 Sb., kterou se provádí § 18 písm. a), d), h), i), j) a k) zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, pro nealkoholické nápoje a koncentráty k přípravě nealkoholických nápojů, ovocná vína, ostatní vína a medovinu, pivo, konzumní líh, lihoviny a ostatní alkoholické nápoje, kvasný ocet a droždí [online]; [cit. 2016-11-2]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/Legislativa-MZe_uplna-zneni_vyhlaska-2013-330-novela-335-1997.html

WALKER A. R. P., 1993: Does the dietary fiber hypothesis really „work?“ *Cereal Foods World* [online]. 38 (3), 128-134 s. [cit. 2016-9-10]. Dostupné z: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20611998000200018

WUENSTEL J., WĄDOŁOWSKA L., SŁOWINSKA M., NIEDŹWIEDZKA E., KOWALKOWSKA J. a KURP L., 2016: Intake of Dietary Fibre and Its Sources Related to Adolescents' Age and Gender but Not to Their Weight. *Central European Journal of Public Health* [online]. 24 (3), 211-216 s. [cit. 2017-02-02]. DOI: 10.21101/cejph.a4331. ISSN 12107778. Dostupné z: http://apps.szu.cz/svi/cejph/show_en.php?kat=archiv/2016-3-07

ZAMRAZILOVÁ E. a MAYZLÍK J., 1989: *Vláknina potravy - význam ve výživě a v klinické medicíně*. Vydání 1. Praha: Avicenum, 43-79 s.

ZHARFI S., MOVAHED S., CHENARBON H. A. a LAVASANI A. R. S., 2012: Evaluation of sensory properties of toast breads containing banana powder. *Indian Journal of Science and Technology* [online]. 5 (8), 2 s. [cit. 2017-02-27]. ISSN 0974-6846. Dostupné z: http://www.indjst.org/index.php/indjst/article/view/30532/26457

8 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Schéma celulózy 20
Obr. 2 Schéma buněčné stěny s rozmístěním hlavních polysacharidových složek 23
Obr. 3 Struktura vlákna 24
Obr. 4 Objemoměr od firmy Mezos a.s. 41
Obr. 5 Přístroj TIRA-test 27025 43
Obr. 6 Spektrofotometr Konica Minolta CM-3500d 44
Obr. 7 Vliv receptury na hmotnost chlebů po upečení v porovnání s kontrolou 46
Obr. 8 Vliv receptury na poměrové číslo 47
Obr. 9 Vliv receptury na ztráty pečením v porovnání s kontrolou 48
Obr. 10 Vliv receptury na obsah vody ve výrobcích po upečení 49
Obr. 11 Vliv receptury na celkový objem výrobku v porovnání s kontrolou 50
Obr. 12 Vliv receptury na celkový objem a tvar výrobku 52
Obr. 13 Vliv receptury na barvu kůrky 53
Obr. 14 Vliv receptury na tloušťku kůrky 54
Obr. 15 Vliv receptury na tvrdost a elasticitu kůrky 55
Obr. 16 Vliv receptury na vůni 56
Obr. 17 Vliv receptury na chuť 56
Obr. 18 Vliv receptury na pórovitost střídy 57
Obr. 19 Fotografie pórovitosti chlebové střídy 58
Obr. 20 Vliv vlákniny na pórovitost střídy 58
Obr. 21 Vliv receptury na vlhkost střídy 59
Obr. 22 Vliv receptury na kyprost 60
Obr. 23 Vliv receptury na celkový dojem výrobku 61
Obr. 24 Senzorické hodnocení toustových chlebů 62
Obr. 25 Vliv receptury na tvrdost chlebů [N] 24 a 48 hodin po upečení 64

9 SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Přehled rozdělení vlákniny 13
Tab. 2 Významné polysacharidy a jejich zdroje 17
Tab. 3 Standardní receptura 38
Tab. 4 Množství vypočtené vlákniny a obsah vody na vlákninu 39
Tab. 5 Výsledky vyhodnocení barvy 66
Tab. 6 Průměrné výživové hodnoty upečených chlebů přepočtené na 100 g 67
Tab. 7 Spotřeba vybraných druhů potravin na obyvatele v kg za rok 2015 69

10 PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Složky vlákniny v různých částech rostlin 86
Příloha 2 Obsah vlákniny u vybraných druhů potravin.....86
Příloha 3 Fotografie pšeničné vlákniny WF 600 (zvětšeno 100 x).....87
Příloha 4 Fotografie bramborové vlákniny KF 200 (zvětšeno 100 x).....87
Příloha 5 Fotografie jablečné vlákniny AF 12 (zvětšeno 100 x) 88
Příloha 6 Fotografie psyllia P 95 (zvětšeno 100 x) 88
Příloha 7 Složení jednotlivých druhů vláknin (přepočteno na 100 g vlákniny) 89
Příloha 8 Výživové údaje použitých surovin (přepočteno na 100 g/100 ml surovin).....89
Příloha 9 Formulář pro senzorické hodnocení toustových chlebů 90
Příloha 10 Výsledky hodnocení pekařského pokusu.....92
Příloha 11 Vliv různých vláknin na celkový objem výrobku 92
Příloha 12 Objem chlebů (ml/100 g) – Duncanův test.....93
Příloha 13 Fotografie toustových chlebů po upečení.....93
Příloha 14 Celkový objem a tvar – Duncanův test.....94
Příloha 15 Barva kůrky – Duncanův test.....94
Příloha 16 Tloušťka kůrky – Duncanův test.....95
Příloha 17 Tvrdost a elasticita – Duncanův test.....95
Příloha 18 Vůně – Duncanův test.....96
Příloha 19 Chuť – Duncanův test.....96
Příloha 20 Pórovitost střídy – Duncanův test 97
Příloha 21 Vlhkost střídy – Duncanův test.....97
Příloha 22 Kyprost – Duncanův test 98
Příloha 23 Celkový dojem – Duncanův test 98
Příloha 24 Tvrdost toustových chlebů [N] měřených 24 a 48 hodin po upečení.....99
Příloha 25 Světlost L* (D65) – Duncanův test.....100

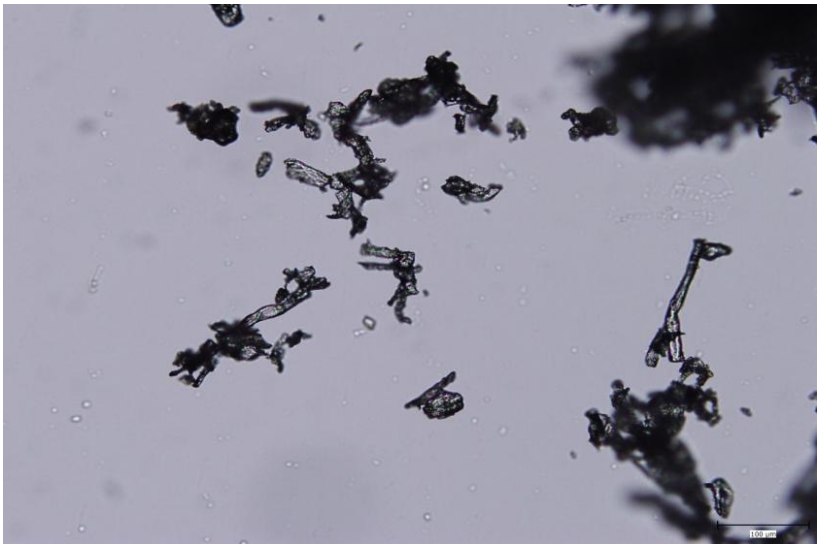
Příloha 1 Složky vlákniny v různých částech rostlin (PILCH, 1987)

Druh potraviny	Části rostlin	Hlavní polymery
Obiloviny	Endosperm Slupka	Celulóza, lignin, arabinoxylany, β-D-glukany
Zelenina a ovoce	Parenchym Cévní tkáň Epidermální tkáň	Pektin, xyloglukany, celulóza, lignin, kutin a vosky
Semena, s výjimkou obilovin	Kotyledon Stěny endospermu	Celulóza, pektin, xyloglukany, galaktomannany
Polysacharidy potravinářsky přidatných látek	Amorfní Rozpustný Dispergovatelný	Rostlinné gumy, polysacharidy mořských řas, galaktiny, étery a estery celulózy

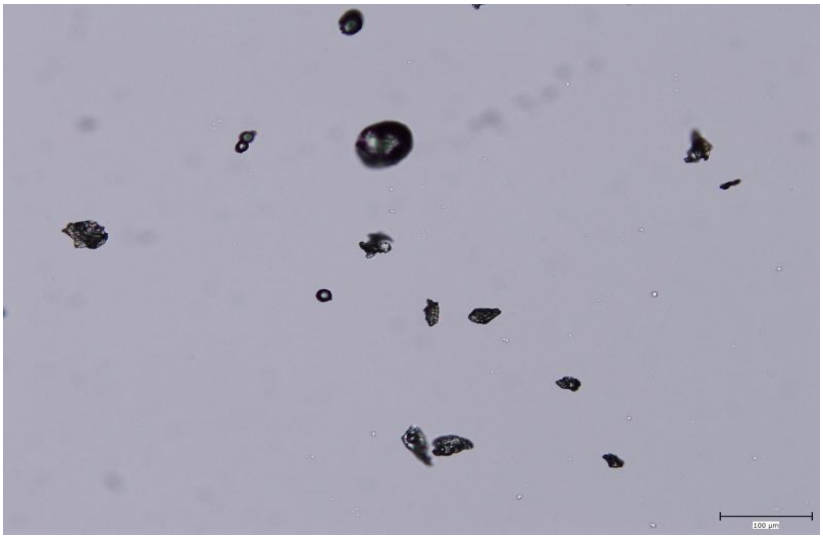
Příloha 2 Obsah vlákniny u vybraných druhů potravin (MCGUIRE, BEERMAN, 2013)

Potravina	Velikost porce	Nerozpustná vláknina [g]	Rozpustná vláknina [g]	Vláknina celkem [g]
Ovoce				
Jablko	1 střední	2,0	0,9	2,9
Pomeranč		0,7	1,3	2,0
Banán		1,4	0,6	2,0
Zelenina				
Brokolice	1 větev	1,4	1,3	2,7
Mrkev	1 velká	1,6	1,3	2,9
Rajče	1 malé	0,7	0,1	0,8
Brambor	1 střední	0,8	1,0	1,8
kukuřice	2/3 šálku	1,4	0,2	1,6
Zrna				
Otruby	½ šálku	7,6	1,4	9,0
Ovesné otruby		2,2	2,2	4,4
Kukuřičné lupínky	1 šálek	0,5	0	0,5
Ovesné vločky	¾ šálku	1,7	1,3	3,0
Celozrnný chléb	1 plátek	1,1	0,3	1,4
Bílý chléb		0,1	0,3	0,4
Luštěniny				
Zelený hrášek	2/3 šálku	3,3	0,6	3,9

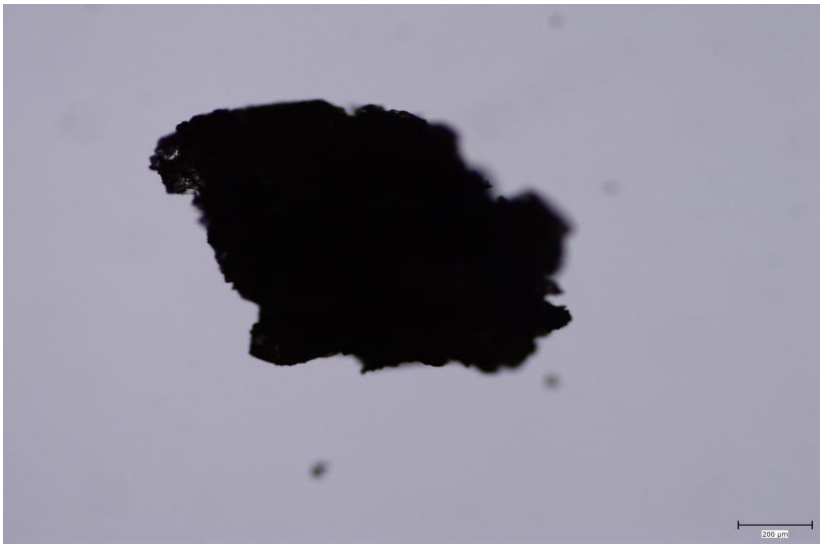
Fazole	½ šálku	4,9	1,6	6,5
Čočka	2/3 šálku	3,9	0,6	4,5



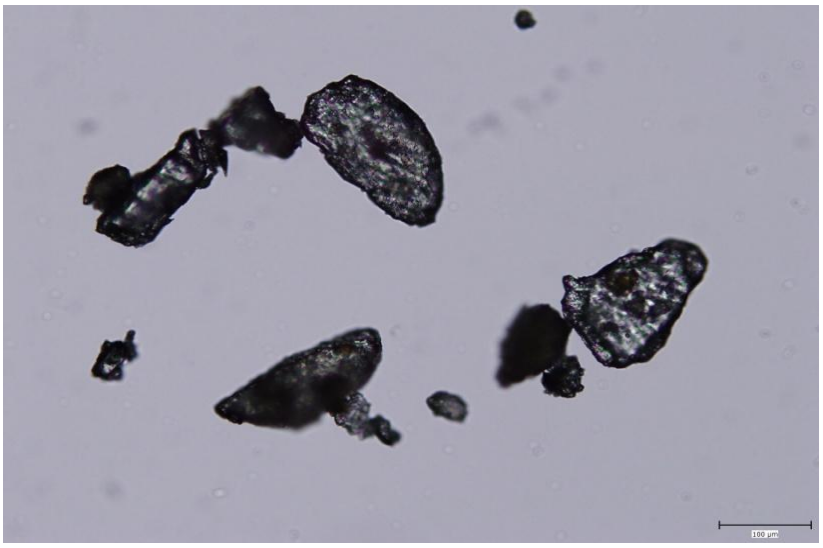
Příloha 3 Fotografie pšeničné vlákniny WF 600 (zvětšeno 100 x); (KOPP, 2016)



Příloha 4 Fotografie bramborové vlákniny KF 200 (zvětšeno 100 x); (KOPP, 2016)



Příloha 5 Fotografie jablečné vlákniny AF 12 (zvětšeno 100 x); (KOPP, 2016)



Příloha 6 Fotografie psyllia P 95 (zvětšeno 100 x); (KOPP, 2016)

Příloha 7 Složení jednotlivých druhů vláknin (přepočteno na 100 g vlákniny)

Složky	**WF 600**	**KF 200**	**AF 12**	**P 95**
Energetická hodnota	24 kJ tj. 6 kcal	580 kJ tj. 137 kcal	886 kJ tj. 211 kcal	177 kJ tj. 42 kcal
Tuk	0,2 g	0,2 g	3 g	0,1 g
- z toho nasycené MK	0,1 g	0,1 g	1 g	0,1 g
Sacharidy	0,1 g	25,6 g	35 g	7,3 g
- z toho cukry	0,1 g	0,2 g	5 g	0,1 g
Protein	0,4 g	5,7 g	4 g	2,9 g
Sůl	0,2 g	0,1 g	0 g	0,2 g
Vláknina	92,8 g	54,9 g	55 g	81 g
Vláknina (i. d. s.)	98,2 g	60,8 g	56 g	86,5 g
Obsah popela (850 °C, 4 hod)	1 g	3,9 g	1,3 g	2,3 g
Ztráta sušením (105 °C, 2 hod)	5,5 g	9,7 g	1,7 g	6,4 g

Příloha 8 Výživové údaje použitých surovin (přepočteno na 100 g/100 ml surovin)

Složky	**Mouka T 550**	**Droždí**	**Vepřové sádlo**	**Slunečnicový olej**	**Sůl**
Energetická hodnota	1461 kJ tj. 344 kcal	430 kJ tj. 102,77 kcal	3709 kJ tj. 902 kcal	3400 kJ tj. 827 kcal	-
Tuk	1,7 g	1,3 g	99 g	91,9 g	-
- z toho nasycené MK	0,2 g	-	40 g	10,9 g	-
Sacharidy	69 g	8,5 g	-	-	-
- z toho cukry	2 g	2,3 g	-	-	-
Protein	12 g	14,8 g	< 0,5 g	-	-
Sůl	< 0,01 g	0,250 g	-	-	97,1 g
Vláknina	3,1 g	-	-	-	-

Příloha 9 Formulář pro senzorické hodnocení toustových chlebů

Senzorické hodnocení toustových chlebů

Pohlaví: Věk: Zdravotní stav:

CELKOVÝ OBJEM A TVAR CHLEBA

Standard	I----------I	I----------I	I----------I
Vzorek 3 %	I----------I	I----------I	I----------I
Vzorek 6 %	I----------I	I----------I	I----------I
Vzorek 9 %	I----------I	I----------I	I----------I
	velký, pravidelný, klenutý (správně vykynutý)	střední, méně pravidelný, nepřiměřeně vysoký	malý, nízký, neklenutý,propadlý

KŮRKA

Barva:

Standard	I----------I	I----------I	I----------I
Vzorek 3 %	I----------I	I----------I	I----------I
Vzorek 6 %	I----------I	I----------I	I----------I
Vzorek 9 %	I----------I	I----------I	I----------I
	světle hnědá, zlatavá, mírně vypeklá	středně hnědá, dostatečně vypeklá	tmavě hnědá, vypeklá

Tloušťka:

Standard	I----------I	I----------I	I----------I
Vzorek 3 %	I----------I	I----------I	I----------I
Vzorek 6 %	I----------I	I----------I	I----------I
Vzorek 9 %	I----------I	I----------I	I----------I
	tenká	středně silná	silná

Tvrdost a elasticita:

Standard	I----------I	I----------I	I----------I
Vzorek 3 %	I----------I	I----------I	I----------I
Vzorek 6 %	I----------I	I----------I	I----------I
Vzorek 9 %	I----------I	I----------I	I----------I
	měkká, příjemná, elastická	středně tvrdá, tužší méně elastická	tvrdá, tuhá

STŘÍDA + KŮRKA

Vůně:

Standard	I----------I	I----------I	I----------I
Vzorek 3 %	I----------I	I----------I	I----------I
Vzorek 6 %	I----------I	I----------I	I----------I
Vzorek 9 %	I----------I	I----------I	I----------I
	příjemná, charakteristická, výrazná, po surovinách	čistá, charakteristická	neurčitá, málo výrazná, neúplná

STŘÍDA

Pórovitost:

Standard I----------I----------I
Vzorek 3 % I----------I----------I
Vzorek 6 % I----------I----------I
Vzorek 9 % I----------I----------I

stejnoměrně pórovitá, pravidelná | méně pravidelná, velké nebo malé póry | nerovnoměrně pórovitá, nepravidelná

Vlhkost:

Standard I----------I----------I
Vzorek 3 % I----------I----------I
Vzorek 6 % I----------I----------I
Vzorek 9 % I----------I----------I

stejnoměrná, příjemná, vlhká | vlhký střed, brouskovitý okraj | nerovnoměrná, málo vlhká až suchá

Kyprost:

Standard I----------I----------I
Vzorek 3 % I----------I----------I
Vzorek 6 % I----------I----------I
Vzorek 9 % I----------I----------I

kyprá, nadýchaná | méně kyprá, | tuhý, nenadýchaný

Chuť:

Standard I----------I----------I
Vzorek 3 % I----------I----------I
Vzorek 6 % I----------I----------I
Vzorek 9 % I----------I----------I

velmi dobrá, charakteristická, příjemná | dobrá charakteristická, bez příchutí | netypická, málo chutná

CELKOVÝ DOJEM – senzorická přijatelnost

Standard I----------I----------I
Vzorek 3 % I----------I----------I
Vzorek 6 % I----------I----------I
Vzorek 9 % I----------I----------I

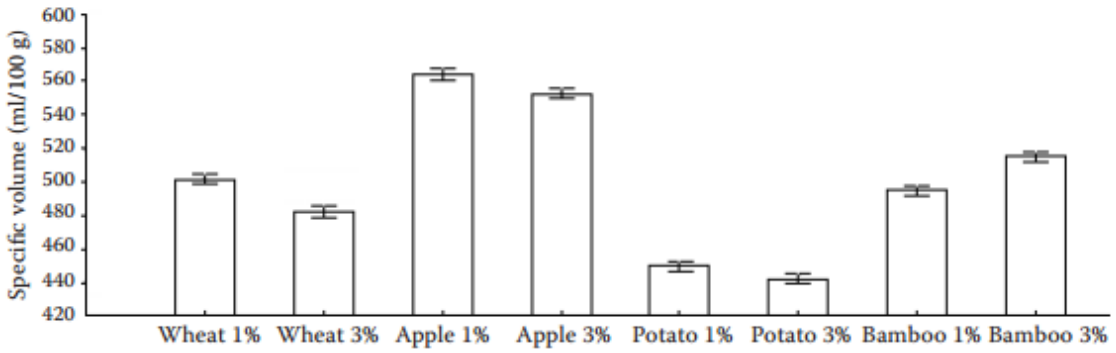
Vynikající, velice dobrý | dobrý, příjemný | neuspokojivý, nepříjemný

Příloha 10 Výsledky hodnocení pekařského pokusu

Vzorek č.	Objem [ml/100 g]	Hmotnost po dokynutí [g]	Hmotnost po upečení [g]	Poměrové číslo [-]	Voda [%]	Ztráty pečením [%]
1	188,31	836	722	0,61	37	13,64
2	209,2	906	778	0,71	39,7	14,13
3	213,7	958	824	0,66	42,3	13,99
4	220,4	1034	874	0,83	44,71	15,47
5	244,2	958	812	0,75	43,03	15,24
6	204	1046	856	0,7	47,94	18,164
7	175,4	1174	962	0,71	51,53	18,06
8	220,6	914	786	0,76	39,59	14
9	214,27	996	854	0,83	42,14	14,26
10	185,7	1074	942	0,87	44,45	12,29
11	245,3	960	824	0,82	43,16	14,17
12	176,8	1044	892	0,75	48,4	14,56
13	153,4	1170	1004	0,41	51,82	14,19

Vz. č. 1 – kontrolní vzorek bez přídavku vlákniny,
vz. č. 2 – s 3 %, vz. č. 3 – s 6 %, vz. č. 4 – s 9 % přídavkem pšeničné vlákniny (WF 600),
vz č. 5 – s 3 %, vz. č. 6 – s 6 %, vz. č. 7 – s 9 % přídavkem bramborové vlákniny (KF 200),
vz. č. 8 – s 3 %, vz. č. 9 – s 6 %, vz. č. 10 – s 9 % přídavkem jablečné vlákniny (AF 12),
vz č. 11 – s 3 %, vz. č. 12 – s 6 %, vz. č. 13 – s 9 % přídavkem psyllia + pšen. vl. (P 95:WF 600/3:7).

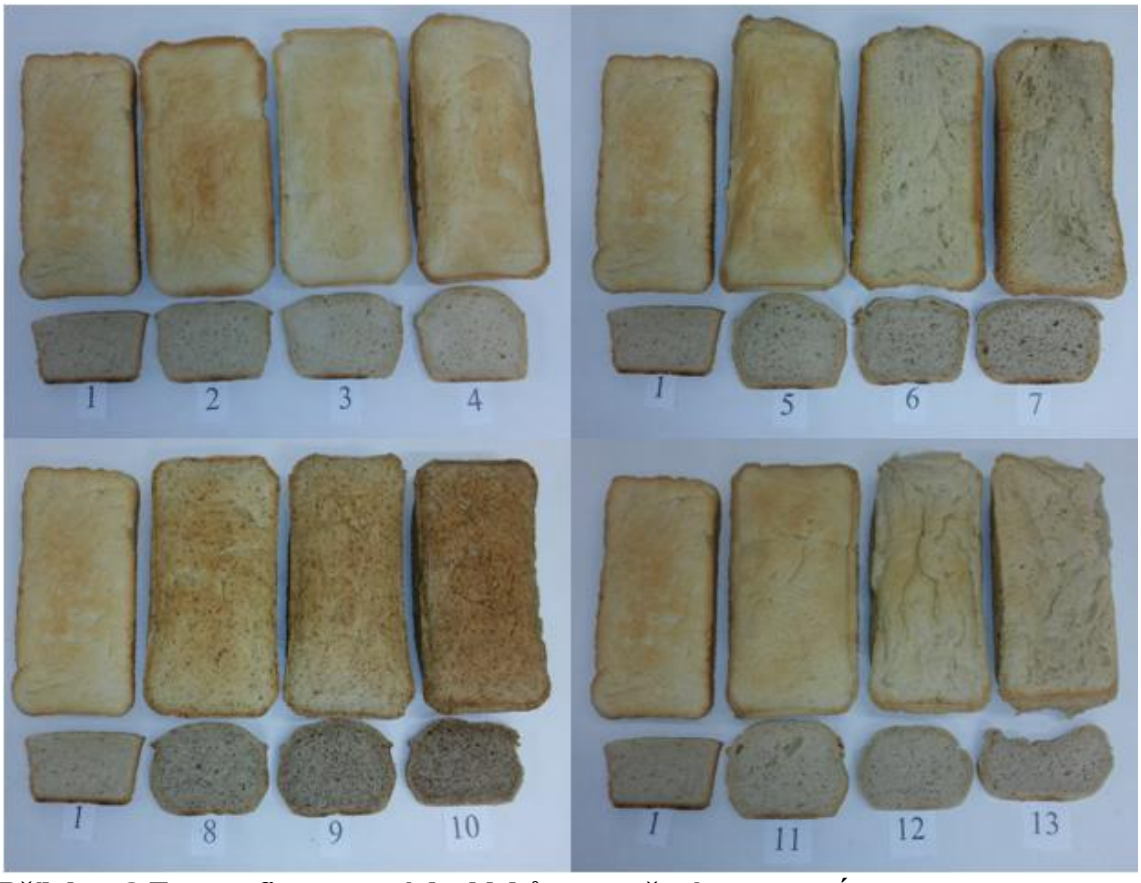
Příloha 11 Vliv různých vláknin na celkový objem výrobku (KUČEROVÁ, ŠOTTNÍKOVÁ et al., 2013)



Pšeničná vláknina (Wheat 1 % a 3 %), jablečná vláknina (Apple 1 % a 3 %), bramborová vláknina (Potato 1 % a 3 %) a bambusová vláknina (Bamboo 1 % a 3 %).

Příloha 12 Objem chlebů (ml/100 g) – Duncanův test

Duncanův test; Objem (ml/100 g); Homogenní skupiny, alfa = ,05000										
Vzorek č.	Objem (ml/100 g) Průměr	1	2	3	4	5	6	7	8	9
13	153,4000	****								
7	175,4000		****							
12	176,8000		****							
10	185,7000			****						
1	188,3000				****					
6	204,0000					****				
2	209,2000						****			
3	213,7000							****		
9	214,3000							****		
4	220,4000								****	
8	220,6000								****	
5	244,2000									****
11	245,3000									****



Příloha 13 Fotografie toustových chlebů po upečení (VLASTNÍ FOTO)

Vz. č. 1 – kontrolní vzorek bez přídavku vlákniny,
vz. č. 2 – s 3 %, vz. č. 3 – s 6 %, vz. č. 4 – s 9 % přídavkem pšeničné vlákniny (WF 600),
vz č. 5 – s 3 %, vz. č. 6 – s 6 %, vz. č. 7 – s 9 % přídavkem bramborové vlákniny (KF 200),
vz. č. 8 – s 3 %, vz. č. 9 – s 6 %, vz. č. 10 – s 9 % přídavkem jablečné vlákniny (AF 12),
vz č. 11 – s 3 %, vz. č. 12 – s 6 %, vz. č. 13 – s 9 % přídavkem psyllia + pšen. vl. (P 95:WF 600/3:7).

Příloha 14 Celkový objem a tvar – Duncanův test

Duncanův test; Celkový objem a tvar; Homogenní skupiny; alfa = ,05000						
Vzorek č.	Celkový objem a tvar Průměr	1	2	3	4	5
5	16,30000	****				
8	24,90000	****	****			
11	27,80000	****	****			
4	28,80000	****	****			
9	30,00000	****	****			
6	40,20000		****	****		
3	40,90000		****	****		
7	43,50000		****	****		
2	45,30000		****	****		
10	57,60000			****	****	
12	69,40000				****	
1	78,90000				****	****
13	92,10000					****

Příloha 15 Barva kůrky – Duncanův test

Duncanův test; Barva kůrky; Homogenní skupiny; alfa = ,05000						
Vzorek č.	Barva kůrky Průměr	1	2	3	4	5
13	4,90000	****				
1	10,30000	****	****			
12	11,60000	****	****			
2	14,60000	****	****			
7	22,80000	****	****	****		
6	22,90000	****	****	****		
3	23,80000		****	****		
5	27,10000		****	****		
4	36,20000			****	****	
11	37,50000			****	****	
9	51,30000				****	****
8	52,30000				****	****
10	58,40000					****

Příloha 16 Tloušťka kůrky – Duncanův test

Duncanův test; Tloušťka kůrky; Homogenní skupiny; alfa = ,05000		
Vzorek č.	Tloušťka kůrky Průměr	1
1	20,00000	****
6	20,50000	****
3	23,40000	****
7	24,10000	****
2	24,90000	****
5	26,60000	****
13	27,40000	****
4	27,70000	****
12	29,40000	****
10	32,50000	****
8	34,30000	****
11	34,80000	****
9	37,50000	****

Příloha 17 Tvrdost a elasticita – Duncanův test

Duncanův test; Tvrdost a elasticita; Homogenní skupiny; alfa = ,05000								
Vzorek č.	Tvrdost a elasticita Průměr	1	2	3	4	5	6	7
7	18,40000	****						
6	22,70000	****	****					
13	29,90000	****	****					
11	37,80000	****	****	****				
10	41,50000		****	****	****			
12	43,00000		****	****	****	****		
5	44,00000		****	****	****	****		
9	53,10000			****	****	****	****	
3	60,60000				****	****	****	****
8	63,10000				****	****	****	****
4	64,60000					****	****	****
2	69,10000						****	****
1	76,70000							****

Příloha 18 Vůně – Duncanův test

Duncanův test; Vůně; Homogenní skupiny; alfa = ,05000		
Vzorek č.	Vůně Průměr	1
3	33,80000	****
11	35,50000	****
7	36,80000	****
2	39,10000	****
8	42,60000	****
9	43,20000	****
6	43,80000	****
5	44,00000	****
1	45,60000	****
4	46,00000	****
10	46,00000	****
12	51,80000	****
13	59,50000	****

Příloha 19 Chuť – Duncanův test

Duncanův test; Chuť; Homogenní skupiny; alfa = ,05000		
Vzorek č.	Chuť Průměr	1
11	29,10000	****
4	36,60000	****
5	36,70000	****
6	40,50000	****
12	43,00000	****
3	43,80000	****
9	44,00000	****
2	45,00000	****
7	45,40000	****
8	47,10000	****
10	48,20000	****
1	50,70000	****
13	50,90000	****

Příloha 20 Pórovitost střídy – Duncanův test

Duncanův test; Pórovitost střídy; Homogenní skupiny; alfa = ,05000				
Vzorek č.	Pórovitost střídy Průměr	1	2	3
1	25,40000	****		
4	27,60000	****	****	
3	28,60000	****	****	
2	28,80000	****	****	
9	29,60000	****	****	
5	31,30000	****	****	
8	32,00000	****	****	
11	32,50000	****	****	
10	37,20000	****	****	
12	39,00000	****	****	
6	43,10000	****	****	****
7	49,60000		****	****
13	61,20000			****

Příloha 21 Vlhkost střídy – Duncanův test

Duncanův test; Vlhkost; Homogenní skupiny; alfa = ,05000			
Vzorek č.	Vlhkost Průměr	1	2
11	26,00000	****	
12	29,50000	****	****
4	30,30000	****	****
6	32,50000	****	****
13	33,30000	****	****
5	35,30000	****	****
7	36,70000	****	****
3	39,70000	****	****
8	42,80000	****	****
2	43,50000	****	****
10	46,50000	****	****
9	49,10000	****	****
1	51,70000		****

Příloha 22 Kyprost – Duncanův test

Duncanův test; Kyprost; Homogenní skupiny; alfa = ,05000					
Vzorek č.	Kyprost Průměr	1	2	3	4
11	16,50000	****			
6	18,90000	****	****		
7	27,50000	****	****	****	
12	30,50000	****	****	****	****
5	33,20000	****	****	****	****
4	37,10000	****	****	****	****
10	38,50000	****	****	****	****
3	40,50000		****	****	****
9	42,30000		****	****	****
8	45,20000			****	****
2	45,90000			****	****
13	47,30000			****	****
1	53,60000				****

Příloha 23 Celkový dojem – Duncanův test

Duncanův test; Celkový dojem; Homogenní skupiny; alfa = ,05000				
Vzorek č.	Celkový dojem Průměr	1	2	3
11	25,80000	****		
5	34,30000	****	****	
12	36,70000	****	****	
8	36,80000	****	****	
2	37,00000	****	****	
3	38,40000	****	****	
6	39,50000	****	****	****
4	40,30000	****	****	****
9	42,30000	****	****	****
7	43,20000	****	****	****
10	45,90000		****	****
1	48,40000		****	****
13	58,50000			****

Příloha 24 Tvrdost toustových chlebů [N] měřených 24 a 48 hodin po upečení

Vzorek	Průměr [N]	Medián [N]	Minimum [N]	Maximum [N]	Dolní kvartil [N]	Horní kvartil [N]	Směr. odchylka [N]
Vz.1-24h	2,89	2,68	2,01	3,81	2,48	3,49	0,61
Vz.1-48h	3,96	3,86	2,57	5,19	3,64	4,19	0,71
Vz.2-24h	3,81	3,86	2,51	5,26	3,01	4,40	0,97
Vz.2-48h	4,60	4,78	3,22	5,73	4,14	5,05	0,76
Vz.3-24h	3,76	3,52	2,53	5,34	3,26	4,45	0,89
Vz.3-48h	3,20	3,15	2,16	4,39	2,87	3,57	0,65
Vz.4-24h	3,48	3,49	2,70	4,37	2,98	3,69	0,59
Vz.4-48h	2,43	2,21	2,13	3,06	2,16	2,79	0,38
Vz.5-24h	3,61	3,77	2,38	4,30	3,39	4,16	0,67
Vz.5-48h	3,34	3,11	2,75	4,21	2,97	3,79	0,50
Vz.6-24h	2,14	2,22	1,51	2,51	2,10	2,34	0,32
Vz.6-48h	1,68	1,71	1,20	2,21	1,42	1,95	0,31
Vz.7-24h	1,43	1,34	0,91	1,99	1,16	1,86	0,39
Vz.7-48h	1,17	1,14	0,71	1,48	1,09	1,34	0,22
Vz.8-24h	3,31	3,36	2,41	4,01	3,03	3,50	0,43
Vz.8-48h	3,54	3,54	2,92	4,55	3,09	3,73	0,53
Vz.9-24h	3,31	3,25	2,49	4,62	2,77	3,68	0,67
Vz.9-48h	3,27	3,37	2,35	3,91	2,99	3,51	0,45
Vz.10-24h	3,53	3,60	2,82	4,28	3,39	3,69	0,43
Vz.10-48h	3,24	3,42	2,09	3,94	2,80	3,67	0,59
Vz.11-24h	3,13	3,26	2,37	3,93	2,48	3,63	0,63
Vz.11-48h	2,33	2,22	1,55	3,36	1,73	3,08	0,70
Vz.12-24h	2,37	2,38	1,84	3,18	2,08	2,57	0,38
Vz.12-48h	1,84	2,02	1,27	2,32	1,34	2,20	0,44
Vz.13-24h	1,31	1,33	1,03	1,60	1,12	1,44	0,18
Vz.13-48h	0,85	0,95	0,46	1,14	0,52	1,02	0,26

Vz. č. 1 – kontrolní vzorek bez přídavku vlákniny,
vz. č. 2 – s 3 %, vz. č. 3 – s 6 %, vz. č. 4 – s 9 % přídavkem pšeničné vlákniny (WF 600),
vz č. 5 – s 3 %, vz. č. 6 – s 6 %, vz. č. 7 – s 9 % přídavkem bramborové vlákniny (KF 200),
vz. č. 8 – s 3 %, vz. č. 9 – s 6 %, vz. č. 10 – s 9 % přídavkem jablečné vlákniny (AF 12),
vz č. 11 – s 3 %, vz. č. 12 – s 6 %, vz. č. 13 – s 9 % přídavkem psyllia + pšen. vl. (P 95:WF 600/3:7).

Příloha 25 Světlost L* (D65) – Duncanův test

Duncanův test; světlost L*(D65); Homogenní skupiny; alfa = ,01000									
Vzorek č.	L*(D65) Průměr	1	2	3	4	5	6	7	8
10	54,88000	****							
9	59,85500		****						
8	64,94500			****					
7	65,01500			****					
6	66,47500			****	****				
13	67,62000				****				
12	69,74500					****			
5	71,10500					****	****		
11	72,98000						****	****	
1	73,95000							****	****
4	74,19500							****	****
2	74,97500							****	****
3	75,50000								****