

Využití hydrokoloidů při výrobě fermentovaného pečiva

Petra Hlaváčková, DiS.

Bakalářská práce
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav analýzy a chemie potravin
akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petra HLAVÁČKOVÁ, DiS.**
Osobní číslo: **T10449**
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie a řízení v gastronomii**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Využití hydrokoloidů při výrobě fermentovaného pečiva**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Definice a funkční vlastnosti hydrokoloidů.
2. Technologie výroby fermentovaného pečiva.
3. Využití hydrokoloidů při výrobě fermentovaného pečiva.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

[1] KODET, J., ŠOTOLOVÁ, I., ŠTĚRBA, S. Plnící, zahušťovací, gelotvorné a stabilizační látky pro potraviny: (potravinářské hydrokoloidy). 1. vyd. Praha: Středisko potravinářských informací, 1993, 235s. ISBN 80-85120-32-1.

[2] Příhoda, J., Humpolíková, P., Novotná, D. et al. Základy pekárenské technologie. 1. vyd. Praha: Pekař a cukrář, 2003. 363s. (Knižnice pekaře a cukráře; sv. 6). ISBN 80-902922-1-6.

[3] VELÍŠEK, J., HAJŠLOVÁ, J. Chemie potravin 1. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009, 2. sv. ISBN 9788086659176.

[4] Phillips, G.O.; Williams, P.A. (2009). Handbook of Hydrocolloids (2nd Edition). Woodhead Publishing. 450s.

Vedoucí bakalářské práce:

Mgr. Iva Burešová, Ph.D.

Ústav technologie potravin

Datum zadání bakalářské práce:

11. února 2013

Termín odevzdání bakalářské práce:

17. května 2013

Ve Zlíně dne 11. února 2013



doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.

děkan



doc. Ing. Miroslav Fišera, CSc.

ředitel ústavu

Příjmení a jméno: *Hlavačková Petra*

Obor: *Technologie a řízení v gastronomii*

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně *3.5.2013*

Petra Klaváčková, D.S.

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

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

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

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

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

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

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

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

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

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

ABSTRAKT

Práce se zabývá vybranými druhy hydrokoloidů, které jsou využívány v pekárenské technologii při výrobě bezlepkového fermentovaného pečiva. U jednotlivých skupin hydrokoloidů je popsán jejich původ, výroba, chemická struktura a použití v pekárenské technologii. Podrobněji jsou popsány technologické postupy výroby těst, u kterých je nahrazována pšeničná mouka za využití škrobů, gum, hydrokoloidů a mouk, vyrobených ze surovin, které neobsahují pšeničné lepkové bílkoviny.

Klíčová slova: celiakie, hydrokoloidy, rostlinné gummy, škrob, pečivo

ABSTRACT

The thesis deals with selected types of hydrocolloids, which are used in bakery technology in the production of fermented gluten-free bread. The origin, manufacture, chemical structure, and use in the bakery technology are described for each group of hydrocolloids. The technological procedures of the doughs where wheat flour is replaced by the use of the starches, gums, hydrocolloids, and flours made of materials that do not contain wheat gluten proteins are described more in detail.

Keywords: celiac disease, hydrocolloids, vegetable gums, starch, bread

Děkuji vedoucí bakalářské práce Mgr. Ivě Burešové, Ph.D., za odborné vedení, velmi cenné rady a připomínky, které mi poskytla během vypracování bakalářské práce.

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

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením Mgr. Ivy Burešové, Ph.D., a uvedla v seznamu literatury všechny literární a odborné zdroje.

Ve Zlíně 3. 5. 2013

Petra Hlaváčková, DiS

Podpis studenta

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 HYDROKOLOIDY	12
1.1 HYDROKOLOIDY ROSTLINNÉHO PŮVODU.....	13
1.1.1 Rostlinné exsudáty	13
1.1.1.1 Arabská guma	13
1.1.2 Hydrokoloidy izolované z rozemletých semen rostlin.....	14
1.1.2.1 Lokustová guma.....	15
1.1.2.2 Guaran.....	16
1.1.3 Škroby a jejich modifikace.....	17
1.1.3.1 Tapiokový škrob	20
1.1.3.2 Kukuřičný škrob	22
1.1.3.3 Rýžový škrob	23
1.2 HYDROKOLOIDY EXTRAHOVANÉ Z MOŘSKÝCH ŘAS	25
1.2.1 Agar.....	25
1.2.2 Karagenan.....	26
1.2.3 Algin.....	27
1.3 HYDROKOLOIDY MIKROBIÁLNÍHO PŮVODU	29
1.3.1 Xanthan	29
1.3.2 Dextran	30
2 TECHNOLOGIE VÝROBY FERMENTOVANÉHO PEČIVA	32
2.1 VLASTNOSTI GLUTENU V TĚSTĚ	32
2.2 TECHNOLOGIE VÝROBY S POUŽITÍM RÝŽOVÉHO ŠKROBU	32
2.3 TECHNOLOGIE VÝROBY S PŘÍDAVKEM VLÁKNINY	34
3 VYUŽITÍ HYDROKOLOIDŮ PŘI VÝROBĚ FERMENTOVANÉHO PEČIVA	37
3.1 GUAROVÁ GUMA	37
3.2 XANTHAN.....	37
3.3 MLÉČNÉ PŘÍSADY	38
3.4 ALGINÁTY	38
ZÁVĚR	39
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	42
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	47
SEZNAM OBRÁZKŮ	49

ÚVOD

Celiakiální sprue neboli celiakie, glutenová enteropatie je chronické autoimunitní hereditární onemocnění vyvolané nesnášenlivostí (intolerancí) lepku (glutenu). Lepkové bílkoviny jsou součástí bílkovinného komplexu, který je obsažen v endospermu obilných zrn. Lepek vzniká z lepkových bílkovin po smíchání mouky s vodou a je zodpovědný za lepivost těsta. Je rozpustný v alkoholu a nerozpustný ve vodě. Jeho štěpením účinkem proteolytických enzymů žaludku, břišní slinivky a tenkého střeva vznikají štěpné produkty (peptidy), vyvolávající u geneticky vnímavých osob nepřiměřenou reakci imunitního systému s trvalou tvorbou autoprotilátek k těmto proteinům. Nachází se v pšenici (gliadin), v žitě (sekalin), v ječmeni (hordein) a v ovsí (avenin). Toxicita uvedených bílkovin se liší v závislosti na složení aminokyselin v základní struktuře bílkoviny, které neovlivňují technologické procesy, jako je denaturace a částečná hydrolýza. Z tohoto důvodu je u celiakie toxické nejenom zrno, ale i výrobky z obilovin. Nejvyšší toxicitu má gliadin, pak sekalin, hordein a avenin. Čistý oves lepek neobsahuje, ale některé látky aveniny jsou schopné na sebe vázat protilátky ke gliadinovým peptidům a způsobovat tak imunitní reakci. Postupným štěpením molekuly glutenu byla zjištěna jeho hlavní toxická složka, kterou je α -gliadin. Dalším štěpením α -gliadinu se z něho podařilo izolovat peptid B 3142, který se skládá ze známé sekvence 53 aminokyselin a je schopen sám vyvolat celiakii. V poslední době se provádějí pokusy vyšlechtit odrůdu obiloviny, která neobsahuje v bílkovině glutenu toxickou sekvenci této aminokyseliny [1, 2, 3, 4].

Výskyt celiakie kopíruje vznik, vývoj a rozšíření pěstování obilnin. Byla pravděpodobně známa již ve starověku v Antickém Řecku. V novověku poprvé tuto chorobu popsal v roce 1888 americký pediatr Samuel Gee jako onemocnění dětí s průjmy, poruchou výživy a růstu. Výskyt u dospělých byl potvrzen až ve 30. letech 20. století, a teprve v roce 1950 holandský pediatr Dicke popsal vzájemnou souvislost mezi lepkem a celiakií. Postupným studiem jednotlivých obilovin byl Van de Kamerem objeven lepek nejdříve v pšenici, později v žitu a ječmeni, naposledy byl k toxickým prolaminům přiřazen i oves. V současné době se v Evropě předpokládá celkový počet celiaků na 3 miliony. V České republice činí kvalifikovaný odhad na 1:200 až 1:250, tj. přibližně 40 000 až 50 000 nemocných celiakií v celkové populaci. Zatím je však diagnostikováno a sledováno jen asi 10 až 15 % z celkového počtu nemocných [1, 2, 3].

Hlavním projevem onemocnění jsou zánětlivé změny povrchu sliznice tenkého střeva, dochází zde k postupnému ztenčování mikroklků a klků. Ztenčování povrchu tenkého střeva má za následek zmenšení až vymizení jeho schopnosti trávení a vstřebávání důležitých živin do krevního oběhu. Obtížně tráví mléčný a řepný cukr, nedostatečně vstřebává bílkoviny, tuky, Fe, Ca, kyselinu listovou a některé vitaminy rozpustné v tucích. Tato porucha se může objevit kdykoliv – v dětství nebo až v dospělosti. Doposud jedinou účinnou léčebnou metodou je přísné dodržování diety bez glutenu [1, 2, 3, 5, 6].

"Potraviny pro osoby s nesnášenlivostí lepku" se rozumí potraviny pro zvláštní výživu, které jsou speciálně vyrobeny, připraveny a/nebo zpracovány tak, aby splňovaly zvláštní výživové požadavky osob s nesnášenlivostí lepku. Nařízení (ES) č. 41/2009, které vstoupilo v platnost 1. 1. 2012, vymezuje 2 základní kategorie potravin pro zvláštní výživu vhodné pro osoby s nesnášenlivostí lepku, na které se vztahují odlišné požadavky na obsah i označování lepku:

- potraviny označené údajem "bez lepku"
- potraviny označené údajem "velmi nízký obsah lepku"

Označení "bez lepku" je určen pro potraviny, které neobsahují pšenici, ječmen, žito, oves nebo jejich křížence a obsahují jiné bezlepkové suroviny, které je nahrazují. Obsah lepku může být nejvýše 20 mg/kg v potravine. Označení "velmi nízké množství lepku" je vyhrazeno pro potraviny ze speciálně upravených složek vyrobených z pšenice, žita, ječmene, ovsa nebo jejich kříženců, u kterých byl obsah lepku zpravidla snížen technologickou úpravou. Označení nelze použít u potravin, které neobsahují žádnou z těchto složek. Obsah lepku může být nejvýše 100 mg/kg [7].

Výroba bezlepkového pečiva je značně technologicky náročná, což je dáno nepřítomností lepku, který tvoří bílkovinnou strukturu, která je nezbytná pro vytvoření vysoce kvalitních obilných výrobků. Problémem v technologii výroby je soudržnost těsta, nedostatečný objem a s tím související tvar výrobku. Při výrobě se místo pšeničné mouky používají směsi mouk např. z kukuřice, rýže, brambor nebo tapioky. Hydrokoloidní látky se využívají jako náhrada lepku, v těstě působí jako polymerní látky napodobující viskoelastické vlastnosti lepku [3, 8, 9].

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 HYDROKOLOIDY

Hydrokoloidy jsou v praxi využívány pro různé fyzikálně-chemické vlastnosti svých vodných roztoků a koloidní vlastnosti. Všechny tyto látky jsou původně přírodní polymery. Některé se mohou používat po vyčištění bez dalších úprav, jiné jsou ještě dále chemicky upravované. Hydrokoloidy jsou vysokomolekulární látky, z nichž většina se řadí mezi polysacharidy, ale patří mezi ně např. i bílkoviny a fosfolipidy. Funkční vlastnosti hydrokoloidů jsou ovlivňovány jejich reakcí s vodou. Jejich charakteristickou vlastností je schopnost pevně a stabilně vázat velký objem vody v množství, které může odpovídat až stonásobku jejich vlastní hmotnosti. Polymerní řetězce hydrokoloidů mohou vytvářet síťovou třídimensionální strukturu, která zadržuje vodu [10, 11].

Hydrokoloidy mají široké uplatnění v potravinářském průmyslu. Jejich použití pro cereální technologii závisí na schopnosti zvyšovat viskozitu, nebo vytvářet gel a schopnosti vázat vodu. Rychlost ve vaznosti vody u jednotlivých hydrokoloidů je rozdílná, stejně jako teplota, při které vodu optimálně přijímají. Většinu hydrokoloidů nelze přidávat přímo do vody, ale používají se ve směsi s rozpustnými látkami jako je sůl, cukr, a tato směs je pomalu dodávána za neustálého míchání do vody. Je-li hydrokoloid součástí suchých směsí, je třeba směs nejprve smíchat s moukou a pak s dalšími surovinami [10].

V pekárenském průmyslu se tyto látky používají zejména:

- ke zlepšení textury u výrobků
- jako inhibitory krystalizace, aby zabránily retrogradaci škrobu
- jako náhražky tuku při výrobě nízkokalorických výrobků
- jako náhrada lepkových bílkovin při přípravě bezlepkového pečiva
- ke stabilizaci vázané vody ve zmrazených produktech
- ke stabilizaci emulzí a pěn

Podle charakteru zdroje, ze kterého byly hydrokoloidy získány, je můžeme rozdělit:

- živočišného původu
- rostlinného původu
- extrahované z mořských řas
- mikrobiálního původu [10, 12]

1.1 Hydrokoloidy rostlinného původu

1.1.1 Rostlinné exsudáty

Rostlinné exsudáty jsou lepivé šťávy vytékající samovolně ze stromů a keřů rostoucích v tropických oblastech a pěstovaných za specifických podmínek. V čerstvém stavu se jedná o viskózní pryskyřičné kapaliny, které na vzduchu časem tuhnou v pevné gumovité hmoty. Nejznámější zástupci jsou arabská guma, tragant, méně známá guma ghatti a guma karaya [11, 13].

1.1.1.1 Arabská guma

Arabská guma nazývaná též jako akáciová guma byla známá již ve starém Egyptě před 5 000 lety. Používala se k balzamování mrtvol a pro malování hieroglyfických nápisů. V přírodě se vyskytuje ve výronech z kmenů a větví stromu akácií (*Acacia* spp.) čeledi bobovitých (*Fabaceae*). Oficiálně je definována jako „sušený gumový exsudát z kmenů a větví akácie *Senegal* nebo *Seyal*“ nebo z různých druhů akácie *Leguminosae*. Produkční oblasti se nacházejí hlavně v Africe v Senegal, Nigérii a v zemích západní Afriky [11].



Obrázek 1: Strom *Acacia Senegal* [14]

Vzniklá pryskyřice se získává ze stonků a větví stromů obvykle starších pěti let a více. Sběrači narušují povrch stromu, ze kterého odstraňují tenké proužky kůry. Tato operace vyžaduje určité znalosti a dovednosti, aby při ní nedošlo k poranění stromu. Po čtyřech týdnech od nařiznutí kůry stromu se pryskyřice sbírá. Sbírá se ručně jednou za několik

týdnů po dobu několika měsíců ve formě kulatých kapek, které bývají velké přibližně 1 až 3 cm. Sběr pryskyřice se provádí většinou jednou za rok, začíná v říjnu a končí před počátkem období dešťů v Nigérii. Třídí se podle barvy a velikosti. Poté následuje čištění a mletí. Dostupná může být ve formě bílých až nažloutlých vloček nebo jako prášek. Lze ji sehnat i v původním nečištěném stavu. Obchodní druhy obsahují obvykle akáciové druhy z *Acacia senegal* a *Acacia seyal*, mimo ně existuje více než 100 různých akáciových gum [11, 14, 15].

Arabská guma je substituovaný kyselý arabinogalaktan. Základní stavební jednotku tvoří D-galaktosa, L-arabinosa a α -L-rhamnopyranosa. V menším množství je přítomna kyselina β -D-glukuronová a kyselina 4-O-methyl- β -D-glukuronová, resp. její soli [13].

V arabské gumě je asociováno 1,5 až 3 % proteinu, který obsahuje jako hlavní aminokyseliny hydroxyprolin, serin a prolin. Protein je vázán kovalentními vazbami prostřednictvím arabinosy v postranních řetězcích na hydroxylové skupiny hydroxyprolinu [13].

Arabská guma je velmi dobře rozpustná ve vodě, ve které vytváří disperze s nízkou viskozitou. Optimální pH roztoku agarové gumy je kolem pH 4,5–8. Při pH (vyšším než 12 a nižším než 4) dochází k poklesu viskozity [11, 13].

V potravinářství se využívají pro stabilizaci a emulgaci různých potravinářských soustav. Guma stabilizuje emulze typu olej ve vodě. Pevně se adsorbuje na kapky oleje díky přítomným proteinům vázaným na polysacharidy. Pro pekařské účely se přidávají při výrobě pšeničného těsta, kde napomáhají zpomalení stárnutí a vysychání střídy a ke zvyšování objemu výrobku [10, 13].

1.1.2 Hydrokoloidy izolované z rozemletých semen rostlin

Většina rostlin ukládá ve svých semenech jako zásobní polysacharid škrob. V některých rostlinách se ukládají v semenech i jiné zásobní polysacharidy, kterými mohou být např. heteromannany. Jejich hlavní řetězec je homopolymerní a tvoří ho jednotky D-mannosy spojené vzájemně glykosidovými vazbami β -(1→4). Na některé z mannosových jednotek je vazbami (1→4) vázána α -D-galaktosa. Tyto heteromannany se nazývají galaktomannany [13].

Galaktomannany jsou multifunkční makromolekulární sacharidy s bílkovinnou částí, které se nacházejí v endospermu semen rostlin a vyznačují se hydrokoloidními vlastnostmi. Mezi nejvýznamnější zástupce se řadí semena ze stromu rohovníku obecného *Ceratonia siliqua* (lokustová guma) a z guarové rostliny *Cyamopsis tetragonoloba* (Guaran) [15].

Komerčně vyráběné výrobky neobsahují vždy jen čistý endosperm, ale mohou se v něm objevovat zbytky obalových částí semene nebo části klíčku. Na trhu se rozdělují podle obsahu vlhkosti, bílkovin, zbytkového obsahu částí, velikosti částic a viskozity vytvořených roztoků [15].

1.1.2.1 Lokustová guma

Lokustová guma se nazývá rovněž jako moučka ze semen svatojánského chleba, karoba, karubin nebo algaroba. Je získávána mletím endospermu ze semen luskového stromu rohovníku obecného (*Ceratonia siliqua*, *Caesalpiniaceae*, sapanovité) [11, 13].

Lokustová guma je řazena mezi galaktomannany. V mouce bývá obsaženo kolem 88 % galaktomannanu. Hlavní řetězec tvoří jednotky D-mannosy, které jsou spojeny glykosidovými vazbami β -(1 \rightarrow 4). Zhruba na každé čtvrté jednotce D-mannosy je substituovaná α -D-galaktosa vazbou (1 \rightarrow 4) [13].

Rohovník obecný je listnatý, stálezelený strom pěstovaný v polosuchých nebo subtropických oblastech. Roste ve vápenatých půdách v oblasti Středozemního moře, kde zabraňuje erozi půdy, zejména v Maroku a Portugalsku. Dnes se pěstuje převážně ve Španělsku a v subtropických oblastech USA a Austrálie. Strom rohovníku může dorůstát výšky 10 až 15 m a jeho kořeny dosahují hloubky až 25 m. Dožívá se více jak 100 let [11].

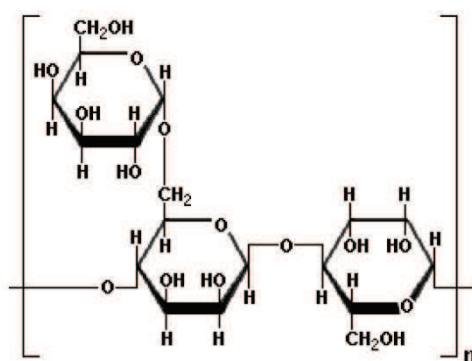
Strom rohovníku obvykle plodí lusky v 8. až 10. roce života, které jsou sklizeny 1x za rok. Světová produkce lusků ze stromu rohovníku se odhaduje na 300 000 až 350 000 tun/rok. Lusky jsou rovné nebo ve tvaru oblouku, tmavě hnědé barvy. Dosahují délky 10 až 30 cm, jsou 1,5 až 3,5 cm široké a na tloušťku mají 1 cm. Lusk obsahuje 8 až 12 semen, výjimečně může mít až 15 semen. Semeno je oválného nebo obdélníkového tvaru. Na povrchu se nachází hladká, lesklá, hnědá slupka, která je tvrdá. Hmotnost semene se pohybuje kolem 0,2 g. Plody se sbírají ve chvíli, kdy je obsah vlhkosti v lusku 12 až 18 %. Lusky se setřásají ze stromu pomocí dlouhých tyčí na připravené plátěné plachty. Následně jsou lusky sušeny [16].

Lokustová guma se vyrábí ve formě bílého až nažloutlého prášku, bez chutě a vůně. Prášek velmi dobře váže vodu. Ve studené vodě bobtná, ale je nerozpustná. Disperze o nižší viskozitě se vytváří až po zahřátí. Při zahřívání v kyselém prostředí, kdy je v roztoku pH pod 3,5, dochází snadno k hydrolýze. V alkalickém prostředí je stabilní. Lokustová guma sama o sobě nevytváří gely, ale zvyšuje elasticitu a pevnost u gelů z agaru a karagenanů. Je kompatibilní s většinou rostlinných hydrokoloidů, mikrobiálních hydrokoloidů a i s proteiny. Z lokustové moučky se připravují hydroxyetyl a karboxymetyl étery, které mají pro své vlastnosti mnohem větší uplatnění v potravinářství [11].

V pekárenském průmyslu se využívá při výrobě pečiva pro bezlepkovou dietu. Příznivý vliv přídatku lokustové gummy se projevuje zpomalením retrogradace škrobu ve výrobku. Výrobky se vyznačují zvětšením objemu střídky [10].

1.1.2.2 Guarán

Guaran (guarová guma) je získáván mletím endospermu semen luštěniny *Cyamopsis tetragonoloba* (*Fabaceae, bobovité*). Guarán je řazen mezi neutrální galaktomannany. Struktura je tvořena hlavním řetězcem z jednotek D-mannosy vzájemně spojených glykosidovými vazbami β -(1 \rightarrow 4). Zhruba každý druhý zbytek D-mannosy bývá substituovaný jednoduchými zbytky D-galaktosy. Jako neutrální cukry jsou obsaženy D-glukosa, D-xylosa a L-rhamnosa [13].



Obrázek 2: Guarán [17]

Původ letní roční rostliny je ze střední Afriky, nyní je pěstována především v Indii, Pákistánu a Texasu v USA. Dorůstá výšky 57 až 105 cm, v závislosti na odrůdě. Vyžaduje teplejší podnebí, vyznačuje se odolností proti hmyzu a nemocem. Je velmi odolná vůči suchu. Dokáže efektivně vázat všechnu podzemní vodu, proto je schopna růst v suchých oblastech. Vodu potřebuje především v období klíčení semen, pro období růstu nevyžaduje velké množství vody. Vegetační období začíná na počátku července až srpna a je poměrně dlouhé 20 až 25 týdnů. Sklizeň lusků nastává v listopadu nebo prosinci. Sklizeň probíhá ručně. Lusky jsou zelené, dosahuje délky 5 až 8 cm a šířky přibližně 1 cm. Jeden lusk obsahuje 8 až 9 semen téměř kulatého tvaru. Semeno obsahuje v endospermu velké množství bílkovin. Semena jsou mechanicky mletá na mouku. Při mletí je odstraňován klíček i obalové vrstvy. Zelené lusky se používají jako zelenina pro chudé obyvatelstvo nebo jako krmivo pro dobytek [16].

Guaran se vyskytuje ve formě bílého až nažloutlého prášku, bez chuti a zápachu. Ve vodě se snadno rozpouští za studena. Dochází k rychlé hydrataci vody za tvorby vysokoviskózní disperze, která se vyznačuje vratnou přeměnou solů v gel. Roztoky z gumy guaran jsou stabilní při pH 4–10, nejrychleji k hydrataci dochází při pH 8. Gama guaran vytváří mírně zakalené roztoky vlivem přítomnosti malého množství celulózy [11].

Pro potravinářství je významnou vlastností gumy guar její schopnost hydratace vody a zahušťování. V pekárenské technologii je využívána při výrobě pšeničných těst pro dosažení většího objemu pečiva a ke zpomalení stárnutí výrobků. U bezlepkových pekárenských výrobků je používána jako náhrada pšeničné mouky [10].

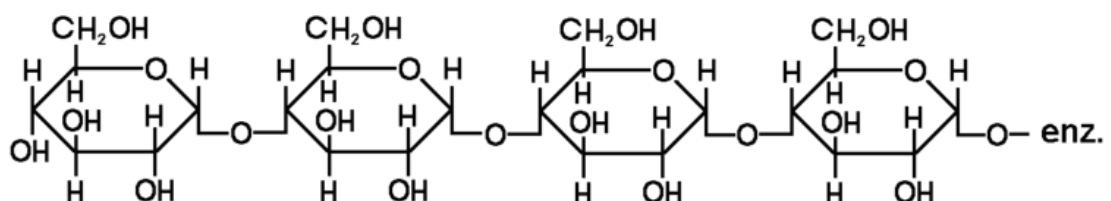
1.1.3 Škroby a jejich modifikace

Škrob je přírodní prášek získaný izolací ze škrobnatých surovin. Je ukládán v plastidech obsažených v cytoplazmě rostlinné buňky a je řazen mezi zásobní polysacharidy rostlin s funkcí pohotovostní zásoby energie. Jedná se o konečný produkt při fotosyntéze. V rostlině je uložen v podobě nerozpustných micel, nazývaných škrobová zrna nebo škrobová granula. Škrobová zrna se vyznačují druhovou specifičností, geneticky daným tvarem a rozměrem. Tato vlastnost je využívána při identifikaci škrobových zrn za pomoci mikroskopu, kdy se na zrnu zobrazí charakteristický vzor tzv. Maltézský kříž. V rostlině je ukládán do plodů, semen, hlíz a kořenů. V přírodě je škrob obsažen ve velkém množství různých rostlin, avšak pro průmyslové zpracování je vhodné jen malé množství z nich. Jedním z jeho hlav-

ních zdrojů získávání pro potravinářský průmysl jsou brambory (*Solanum tuberosum*) a obiloviny, zejména pšenice (*Triticum aestivum*), rýže (*Oryza sativa*), kukuřice (*Zea mays*) a zralá semena luštěnin např. hrách, čočka a různé druhy fazolí. V mnoha zemích je využíváno sladkých brambor (*Heliantus tuberosus*) nebo rostliny *Manihot esculenta* nazývané v Asii a Africe Kassava, v Jižní Americe maniok, juka a též tapioka [13, 18, 19]

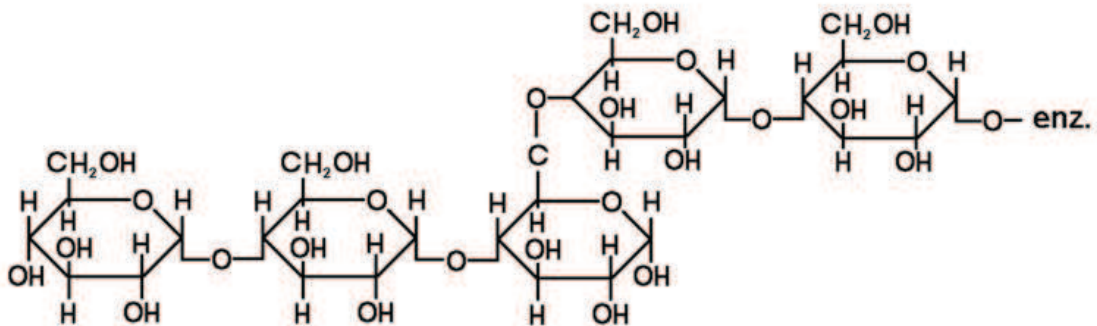
Většina nativních škrobů je tvořena dvěma homopolysacharidy amylosou a amylopektinem složených z molekul α -D-glukosových jednotek a některých doprovodných látek jako jsou např. voda, lipidy a proteiny. Jejich obsah je obvykle v hmotnostním poměru 1:3 v závislosti na škrobnaté surovině. Některé druhy rostlin jsou speciálně vyšlechtěné a vykazují vysoký obsah amylosy (amylosové kukuřice) nebo prakticky čistý amylopektin (kukuřice vosková). Škroby obsahující větší množství amylosy jsou nazývány amyloškroby nebo vysoce amylosové škroby. Je-li převládající složkou amylopektin, jsou tyto odrůdy obilovin nazývány voskové. Obsah amylosy nebo amylopektinu je rozhodující pro řadu vlastností, z nichž nejdůležitější je reologické chování a retrogradace [11, 13].

Amylosa je lineární α -D-glukan, částečně esterifikovaný kyselinou fosforečnou. Molekula amylosy obsahuje jeden redukující zbytek monosacharidu. Molekula amylosy je díky převládající glykosidové vazbě (1 \rightarrow 4) ve vodě a v neutrálních roztocích náhodně svinutá, místy s helikální strukturou a vytváří levotočivou šroubovici. Amylosa je směsí polymerů s různým stupněm polymerace. Obsahuje 1 000 až 2 000 nebo také kolem 4 500 glukosových jednotek podle druhu škrobu. Ve studené vodě dochází k bobtnání. V teplé vodě se rozpouští v čirý, méně viskózní roztok. S roztokem jodu vytváří modré zbarvení [13, 19, 20, 21].



Obrázek 3: Lineární amylosa [20]

Amylopektin je složen z řetězců D-glukosových jednotek vázaných vazbami α -(1→4), z nichž se po 10 až 100 jednotkách odvětvují vazbou α -(1→6) postranní řetězce. Výjimečně se může vyskytovat vazba α -(1→3). Stupeň polymerace bývá 50 000 až 1 000 000 glukosových jednotek. Makromolekula se vyznačuje mnohonásobně větvenou strukturou, která je tvořena 3 typy řetězců, hlavním, vnějším a vnitřním. Molekula amylopektinu má jeden redukující konec. Ve studené vodě je nerozpustný, ale silně bobtná. V horké vodě dochází k jeho mazovatění a tvorbě viskózního roztoku, který se po ochlazení mění v gel. S roztokem jodu reaguje za tvorby fialového zbarvení. [13, 19, 20, 22].



Obrázek 4: Rozvětvený amylopektin [20]

Škrob je prášek bílé až slabě nažloutlé barvy, bez chuti a zápachu. Dobře se skladuje v suché formě, pokud je předsušený, snadno na sebe váže vlhkost z prostředí. Není-li předsušený, stává se vhodnou živnou půdou pro růst mikroorganismů. Ve studené vodě ani v alkoholu není rozpustný. Ve studené vodě dochází u škrobu k bobtnání, pomocí tzv. teploty mazovatění, tento děj je reverzibilní. Vlivem zvyšování teploty škrob mazovatí, ten děj je nereverzibilní [23, 24].

Vyznačuje se univerzálním použitím v potravinářském průmyslu. Využití nativních škrobů je omezeno jejich fyzikálními a chemickými vlastnostmi. Neupravené nativní škroby jsou funkčně příliš omezené pro použití v dnešních vyspělých potravinářských technologiích. Škrobová zrna jsou nerozpustná ve studené vodě, k získání disperze je nutné škrob vařit. Viskozita škrobových mazů je většinou vysoká a propůjčuje zahušťovaným výrobkům

gumovitou, kohezní texturu. Škroby obsahující amylosu vytvářejí kalné a retrogradující škroby. V kyselém prostředí dochází k jejich hydrolýze. Z tohoto důvodu jsou nativní škroby různě upravovány (modifikovány), aby se některé nežádoucí vlastnosti odstranily nebo se vyrobily produkty s jinými požadovanými vlastnostmi. K modifikaci jsou využívány fyzikální, chemické nebo biochemické postupy [13, 19].

1.1.3.1 Tapiokový škrob

Tapiokový škrob je získáván z hlíz tropické rostliny *Manihot esculenta*, nazývané též cassava, yuca nebo maniok. Škrobnaté hlízy jsou stěžejní potravinou pro více než 250 milionů Afričanů, dohromady se hlízami žijí více než 500 milionu lidí. Z tohoto důvodu je pátou nejvíce pěstovanou plodinou na světě za bramborami, rýží, pšenicí a kukuřicí. Ročně je sklizeno kolem 165 milionů tun hlíz. Ve světové produkci škrobnatých rostlin zaujímá maniok druhé místo, hned po bramborách. Maniok jedlý pochází z Jižní Ameriky, jeho pěstování se rozšířilo do mnoha tropických zemí v Africe a Asii. Dnes je pěstován např. v Brazílii, Nigérii, Keni, na Madagaskaru, Filipínách a v Oceánii. Roste pouze v tropech, z tohoto důvodu se jeho využívání u nás neprosadilo, na rozdíl od brambor a dalších plodin. V České republice je jeho pěstování možné pouze ve sklenících. Maniok je odolný dřevnatý keř, dosahující výšky 5 m, ze kterého po odříznutí jakékoliv jeho části začne z rány vytékat husté latexové mléko. Listy jsou velké dlaňovitě dělené, skládající se ze tří až devíti laloků, tmavě zelené barvy. Květy keře jsou zvonkovité, zbarvené karmínově nebo zeleně [25, 26, 27, 28].

Maniok je schopen růst v různých podmínkách a snadno se přizpůsobuje různým druhům půd. Vyznačuje se vysokou výnosností i na půdách s extrémně nízkou úrodností, z tohoto důvodu je často pěstován tam, kde se jiným plodinám nedaří. Pěstování je relativně nenáročné, vyžaduje malou přípravu půdy a jednoduchou výsadbu stonku do půdy. Kořen v půdě vytváří rozsáhlý vláknitý kořenový systém. Hlízy se vyvíjí v zahuštěné spleti kořenů v blízkosti základu stonku, dozrávají přibližně 6 až 10 měsíců po výsadbě. Náročnější na pracovní sílu je samotná sklizeň, která se skládá z dobývání hluboko zapuštěných kořenů z půdy. Hlízy jsou sklizeny podle aktuální potřeby, z důvodu zhoršující se kvality při skladování. Po sklizni jsou hlízy sušeny, tím se snižuje hmotnost a zamezuje se mikrobiálnímu kažení. Hlízy se suší na slunci rozprostřené na podložkách, cementových podlahách nebo střeších domů. Po usušení jsou tlučeny v dřevěných hmoždířích nebo rozdrceny za použi-

tí mlýnských kamenů, následuje prosévání. V některých zemích se nekonzumuje pouze hlíza manioku, ale i jeho zelená část, která je považována za zeleninu. Více jak 60 % vypěstovaného manioku je zkonsumováno lidmi a kolem 30 % je zkrmeno zvířaty. Zbytek je zpracováván na vedlejší výrobky [25, 26, 29].

Do hlíz jsou rostlinou ukládány různé zásobní látky, především škrob. Hlízy se vyznačují vysokou energetickou hodnotou a nízkým obsahem bílkovin (především sirných aminokyselin). Obsahují převážně škrob a některé rozpustné sacharidy, vitaminy skupiny B, vitamin C, z minerálních látek (K, Ca, Fe, Mg). Kořenové hlízy manioku jsou podlouhlého tvaru o průměru 5 až 8 cm a délky od 15 do 30 cm. Na povrchu mají hnědou slupku, pod ní se nachází bílá dužnina působící zmačkaným dojmem. Původní kultivary manioku obsahovaly v čerstvých hlízách a listech kyanogenní glykosidy limarin a v malém množství lotaustralin, které jsou během rozmělnění tkáně katalyticky hydrolyzovány za uvolňování kyanovodíku (HCN). Vysoká expozice u lidí způsobuje nevolnost, zvracení, průjem, slabost, popřípadě smrt. Z tohoto důvodu jsou hlízy před konzumací upravovány kvašením nebo vařením, při nichž dochází k redukci glykosidů schopných vytvářet kyanovodík. Obsah kyanidů se liší podle odrůdy, nově vyšlechtěné kultivary již kyanidy neobsahují. Nejvyšší obsah kyanidů je v listech, následně ve slupce hlíz a nejméně je obsažen uvnitř hlíz [25, 26, 30].



Obrázek 5: Hlízy manioku [25]

Škrob je získáván z hlíz, které se loupou, omývají a následně se nastrohají. Vzniklá vláknitá hmota je scezena, získaný škrob je čištěn usazováním nebo odstředováním, nakonec je sušen a mlet na jemný prášek. Škrob je bílé barvy, bez chuti a vůně. V potravinářském

průmyslu je využíván jako zahušťovadlo nebo jako náhrada za arabskou gumu. Modifikovaně upravený škrob se vyznačuje jedinečnými expanzními vlastnostmi, které se uplatňují při pečení a smažení pekárenských výrobků. Modifikovaný tapiokový škrob v bezpečných pekárenských výrobcích zlepšuje chuť výrobku, jeho texturu, vzhled a prodlužuje dobu údržnosti. Textura a struktura výrobků je velmi podobná pšeničným výrobkům [25, 27, 31].

1.1.3.2 Kukuřičný škrob

Je získáván z kukuřice seté (*Zea mays L.*), původem z tropických a subtropických oblastí Jižní a Střední Ameriky. S pěstováním kukuřice začali Aztékové, Mayové a Inkové před 5 600 lety. Americkými indiány byla systematicky kultivována z planých rostlin, již za necelých tisíc let z ní dokázali vypěstovat primitivní domestikovanou kukuřici. Roku 1493 Kryštof Kolumbus přivezl z USA její zrna do Evropy. Během dalšího staletí se kukuřice rozšířila po celé Evropě, ale i do Asie a Afriky. V roce 1930 se začali využívat první hybridy, umožňující lepší využití kukuřice pro jednotlivé technologie. K největším producentům v současné době patří USA, Brazílie, Čína, dále se pěstuje v Evropě, včetně České republiky. V dnešní době se v USA, Kanadě, Jihoafrické republice a ve Španělsku pěstuje geneticky upravená kukuřice. V rozvinutých zemích je pěstována převážně jako krmivo pro dobytek, její přímá spotřeba jako potraviny je více méně okrajová. V potravinářském průmyslu se využívá jako zdroj oleje, škrobu, mouky, glukosy, fruktosového sirupu a bioethanolu [32, 33, 34].



Obrázek 6: *Zea mays L.* [33]

Kukuřice je jednoletá, jednoděložná, jednodomá cizosprašná rostlina patřící do čeledi lipnicovitých. Řadí se mezi teplomilné rostliny, průměrná teplota pro růst je 13 °C. Je citlivá na kolísání teploty během vegetačního období. Dosahuje výšky přes 2,5 m, její kořeny v půdě pronikají do hloubky 1,5 až 3 m. Nároky na půdu jsou závislé na oblasti pěstování. Nevyhovující je kamenitá, zamokřená a erozně ohrožená půda. Kukuřice má nároky na vláhu, určitou délku a intenzitu osvětlení v dané vývojové fázi růstu [32, 33].

Kukuřičné zrno má ze všech obilovin nejvyšší energetickou hodnotu. Obsahuje velký podíl škrobu (73 %). Upravená kukuřice je používána ve výrobcích v podobě kukuřičné mouky nebo škrobu. Kukuřičná mouka se skládá z endospermu obsahujícího 75 až 87 % škrobu a 6 až 8 % bílkovin. Bílkoviny endospermu jsou zastoupeny vysokým obsahem glutaminu, leucinu a prolinu. Vyznačují se nízkou biologickou hodnotou, z důvodu nedostatku limitujících aminokyselin lysinu a tryptofanu. Škrob vyrobený z různých druhů kukuřice obsahuje 25 % amylosy a 75 % amylopektinu. Škrob je bílé barvy, bez vůně a chuti, ve vodě bobtná. Z celkové produkce výroby škrobu zaujímá 65 %, výroba je levná, bezzbytková. Na rozdíl od pšeničného škrobu je vhodný k výrobě modifikovaných škrobů. V USA se k jeho výrobě využívají voskové odrůdy kukuřice - waxy (*Zea mays* convar. *ceratina*), které obsahují v molekule více než 99 % rozvětveného amylopektinu. Zrno je podobné kukuřici obecné, sklovitý endosperm není průhledný a matný povrch zrna opticky připomíná vosk. Waxy kukuřice je zpracovávána mokřím mletím na škrob, který se zpětně mění na krystalickou formu škrobu. Je pěstována k výrobě speciálního škrobu do výrobků, které jsou během svého zpracování a přípravy vystaveny vysokým teplotám [32, 35, 36, 37, 38].

Kukuřičný škrob neobsahuje lepkové bílkoviny, z tohoto důvodu je využíván v pečárenské technologii při výrobě bezlepkových výrobků. Kukuřičný škrob je využíván v kombinaci s rostlinnými gumami, které slouží jako náhrada lepku ve výrobku [36].

1.1.3.3 Ryžový škrob

Rýže (*Oryza sativa*) pochází z tropické a subtropické jihovýchodní Asie, patří mezi nejstarší kulturní rostliny světa. Z hlediska výživy je řazena k nejdůležitějším obilovinám, tvořící v jídelníčku téměř 60 % světové populace základní potravinu. Byla pěstována v jižní Číně, na ostrovech Sundských a východní Indii, už před 5 000 lety. Z těchto zemí se rozšířila do všech světadílů. Zmínka o rýži pronikla do Evropy teprve v době výprav Ale-

xandra Velikého. V 16. století se začala pěstovat v severní Itálii a odtud se rozšířila do jižních Uher. V současnosti jsou největšími producenty rýže Čína a Indie, pěstuje se např. v Americe, Indonésii, Vietnamu, Brazílii, Japonsku. V Evropě patří mezi největší producenty Itálie. V České republice se pěstovala jen pokusně, v současné době se dováží. K pěstování je využíváno značné množství rýžových variet, a to převážně z rodu *Oryza sativa* [32, 35, 39].

Rýže je jednoletá obilnina, dosahující výšky až 1,5 m. Je tvořena dutými stébly s úzkými, 20–30 cm dlouhými listy. Stébla nahoře rozkvétají v latu drobných, krátce stopkatých, jednokvětých klásků. V těsně uzavřených pluchách se po opylení vytvoří obilka. Ke svému růstu potřebuje vyšší teplotu a dostatek vlhkosti, rýžoviště se musí dát přirozeně nebo uměle zavodňovat a odvodňovat. Sází se do úrodné, vyhnojené a obdělané půdy, rozdělené na jednotlivá políčka. Zrna rýže se nechávají 2–3 dny před výsevem namočené ve vodě s hlínou, zrno se obalí hlínou a stane se těžším. Těžší zrno se při zasévání dostávají hlouběji do půdy. Ze zaseté rýže po 2–3 týdnech vyroste 10–20 cm vysoká rostlinka, vyčnívající svými vrcholky z vody. Jakmile začnou listy a stébla rostlin žloutnout, rýžoviště se odvodní, až je půda vyschlá a začíná se sklízit [39, 40].

Rýže je lehce stravitelná, neobsahuje žádný cholesterol, má jen stopové množství tuku, neobsahuje sodík ani lepek. Zrno obsahuje 13 % vody, 68–72 % škrobu, 8 % bílkovin, 0,5 % vlákniny, 1,5 % tuku, minerální látky (P, Ca, K, Fe a Mg), vitaminy skupiny B (thiamin, riboflavin, niacin) a vitamín E. Bílkoviny z rýže jsou ve srovnání s jinými druhy obilovin považovány za jedny z nejkvalitnějších. Obsahují 8 esenciálních aminokyselin, které jsou nezbytnou složkou stavby svalů [32, 35, 40].

V potravinářském průmyslu je využívána k výrobě škrobu, mouky, oleje, octa, sirupu a alkoholických nápojů např. vína, pálenky, piva. Rýžový škrob se vyrábí z poškozených a polámaných zrn. Je bílé barvy, bez chutě a vůně, ve studené vodě bobtná. Škrob může být dále používán k výrobě maltrodextrinu [35, 41].

1.2 Hydrokoloidy extrahované z mořských řas

Extrakty z mořských řas jsou jednou z nejvýznamnějších skupin hydrokoloidů. Zdrojem těchto hydrokoloidů jsou mořské chaluhy nejrůznějších druhů a rodů. Izolát z mořských řas je získáván pomocí extrakce. Po chemické stránce se řadí mezi polysacharidy. Nejznámější produkty jsou agar, karagenan a algináty [11].

1.2.1 Agar

Agar neboli také agar agar byl v naší civilizaci použit jako první přídatná látka v potravinářství. Na Dálném východě byl použit již před více jak 300 lety. Agar tvoří intracelulární gelovou matici řady druhů červených mořských řas *Rhodophyceae*, které zastávají v řasách obdobnou funkci jako celulóza u vyšších rostlin. Řasy, které obsahují zdroje agaru, agarofyty, pocházejí nejčastěji z čeledí *Gelidaceae*, *Gracilariaceae* a *Pterocladaceae*. Tyto řasy jsou obvykle divoce rostoucí, vyskytují se na pobřeží Portugalska, jižní Afriky, Indie, Mexika, Nového Zélandu, Číny a Japonska. V Chile se pěstují v mořských farmách. Agar je z řas získáván pomocí extrakce horkou vodou, která má teplotu vyšší než je bod tání agarového gelu, v alkalickém, neutrálním nebo kyselém prostředí [13, 42].

Agar je lineární polysacharid. Jeho stavebními jednotkami jsou β -D-galaktopyranosa a 3,6-anhydro- α -L-galaktopyranosa střídavě vázané glykosidovými vazbami (1 \rightarrow 3) a (1 \rightarrow 4). Jeho stavební jednotku tvoří disacharid agarobiosa, 4-O- β -Dgalaktopyranosyl-3,6-anhydro- α -L-galaktopyranosa. U některých frakcí polysacharidů bývá namísto 3,6-anhydro- α -L-galaktosy přítomna α -L-galaktosa [13].

Agar je bez zápachu a chutě. Nemletý agar se obvykle vyskytuje ve svazcích, vločkách nebo v granulích. Může být nažloutle oranžový, světležlutý, nejčastěji bezbarvý. Rozpouští se v horké vodě při teplotě 85 °C a vyšší. Ochlazením disperze vzniká gel. Pro tvorbu gelu je obvykle používán v koncentraci 0,5 až 2,0 %. Viskozita roztoku je závislá na pH. Téměř konstantní je při pH 4,5–9. Agar je málo kyselý polysacharid, který nevyžaduje pro tvorbu přítomnost neutralizujících kationtů. Přejít z roztoku do gelu a opačný děj vykazuje hysterézi. Teplota tání gelu (taje při teplotách do 95 °C) je vyšší než teplota, při níž se gel tvoří. Při stárnutí podléhají gely synerezi. Odolnost vůči deformaci zlepšuje kombinace s rostlinnými gumami, např. lokustová guma [11, 13].

V potravinářství se využívá pro schopnost vázat vodu a tvořit termoreverzibilní gely. V pekárenském průmyslu se využívá při výrobě pšeničného pečiva, kde zpomaluje stárnutí pečiva [10, 13].

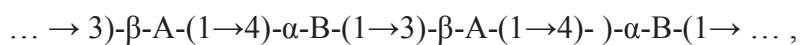
1.2.2 Karagenan

Karagenan je extrakt z červených řas třídy *Rhodophyceae*, nejčastěji jsou využívány řasy rodů *Euchema*, *Chondrus* a *Gigartina*. Karagenany se od sebe liší strukturou, která je dána do jisté míry jejich původem. Z řas jsou karagenany získávány v podobě sodné soli. Nejčastěji se extrahují pomocí horké vody v alkalickém prostředí. Okyselením prostředí vznikají kyselé karagenany. Konečný produkt se získá sušením nebo použitím srážecích rozpouštědel [13].

Řasy rodu *Euchema* (*E. cottonii*, *E. spinosum*) rostou na korálových útesech nebo mělkých lagunách kolem Filipín, Indonésie a v jiných tropických oblastech Tichého oceánu. Jde o hustý vláknitý keř dosahující výšky 50 cm. Mohou být pěstovány i na mořských farmách. Z těchto řas se získává ι-karagenan a κ-karagenan. Řasy *Chondrus* (*Ch. crispus*) je nejznámější z červených mořských řas. Tmavě červené huňaté malé keříky dorůstají do výšky 10 cm. Vyskytují se podél pobřeží severního Atlantiku, zejména Kanady, u britských ostrovů a Francie. Produktem z řas je κ-karagenan a λ-karagenan. Řasy rodu *Gigartina* dorůstají délky do 5 m a rostou v chladných vodách u pobřeží Jižní Ameriky (Peru a Chile) [13, 43].

Karagenany jsou lineární polysacharidy podobné struktury jako agary. Kromě sulfátových skupin obsahují v makromolekulách další funkční skupiny (methoxylové skupiny nebo pyrohroznovou kyselinu). Na rozdíl od agaru neobsahují ve své strukturní jednotce L-galaktosu. Základní struktura tvoří disacharid karabinosa, která je tvořena opakující se sekvencí β-D-galaktopyranosy (D-galaktosy a jejich derivátů) a 3,6-anhydro-α-D-galaktopyranosy. Ve skutečnosti je primární struktura karagenanů mnohem komplexnější.

Lze ji vyjádřit zkráceným zápisem:



kde A, B jsou jednotky D-galaktosy a jejich derivátů

Známo je minimálně 8 druhů sekvencí monomerů v molekulách karagenanů, které se označují malými řeckými písmeny β , θ , ι , κ , λ , μ , ν a ξ . Podle této převládající sekvence v primární struktuře se stejnými názvy označují jednotlivé karagenany. V potravinářství se využívá ι -karagenan, κ -karagenan a λ -karagenan. Karagenany z řas jsou většinou komplexní směsí polysacharidů [13].

Zahušťovací a gelující vlastnosti jednotlivých karagenanů jsou značně rozdílné. Karagenany jsou hydrofilní anionaktivní koloidy. Rozpustnost ve vodě závisí na druhu karagenanu, přítomných iontech, teplotě a pH prostředí. Rozpustnost je ovlivněna poměrem hydrofilních a sulfátových skupin a hydrofobních 3,6-anhydro-D-galaktosových zbytků. Velmi dobře rozpustný ve vodě je λ -karagenan, následuje ι -karagenan a méně rozpustný κ -karagenan. Karagenany jsou rozpustné v horké vodě 80 °C, ve studené vodě 20 °C se dobře rozpouští λ -karagenan, κ -karagenan a ι -karagenan je rozpustný jako Na^+ sůl. Karagenany jsou stabilní v prostředí o pH 5–10, v kyselém prostředí při pH < 4 dochází k hydrolyze a poklesu viskozity disperze. Významnou vlastností je tvorba gelu, které vznikají ochlazením již 0,5 % disperzí κ -karagenanu nebo ι -karagenanu. κ -karagenan vytváří pevný a křehký gel, který podléhá synerezi. ι -karagenan tvoří pružné a soudržné gely, u nichž nedochází k synerezi. Tvorba křehkých a zároveň pevných gelů vyžaduje přítomnost neutrálních iontů např. draselných nebo amonných iontů. Při tvorbě gelu z κ -karagenanu se nepoužívají sodné ionty a u gelu z ι -karagenanu vápenaté ionty [13, 44].

V potravinářství se používá komerční karagenan tvořený ze směsi tří typů karagenanů: ve směsi většinou převládá κ -karagenan (želírující) nad λ -karagenan (neželírující) v poměru 3:2. Používá se jako zahušťovadlo, stabilizátor, zahušťující látka a emulgátor. V pekárenské technologii se používá ve směsi s lecithinem pro zlepšení objemu a struktury pšeničného pečiva [10, 13].

1.2.3 Algin

Algin je název pro alginovou kyselinu a její soli algináty. Algin se nachází v podobě intercelulární matrice (jako gel obsahující ionty Na, Ca, Mg, Sr a Ba) v tzv. hnědých mořských řasách čeledi *Phaeophyceae*, které rostou při pobřeží severního Atlantiku, zejména v USA, Norsku, Francii a Velké Británii. Průmyslově se algin získává z řasy *Macrocystis pyrifera*, *Laminaria hyperborea* a řasy rodů *Ascophyllum* a *Sargassum*. Algin tvoří přibližně 40 % sušiny řas. Podobně jako agar a karagenan se získává jako sodná sůl (alginát) extrakcí řas

alkáliemi (NaOH, Na₂CO₃). Z extraktů se sráží jako vápenatá sůl přidavkem CaCl₂ nebo okyselením HCl jako alginová kyselina. Vápenatá sůl se převádí na alginovou kyselinu a z té se získává neutralizací Na₂CO₃ finální produkt. Alginátová kyselina se vyskytuje ve formě práškové, je bezbarvá nebo slabě žlutá. Má slabou charakteristickou vůni a chuť [10, 11, 13].

Algináty jsou nevětvené lineární kopolymery β-D-mannuronové kyseliny (M) a α-L-guluronové kyseliny (G) spojené glykosidovými vazbami (1→4). V řetězci se střídají různě dlouhé úseky obsahující pouze molekuly M s úseky tvořenými výhradně molekulami G a se smíšenými úseky G-M. Zastoupení a střídání obou komponent je velice variabilní a závisí především na původu alginátu. Obsah mannuronové kyseliny bývá běžně 22–90 %, obsah guluronové kyseliny 10–78 % [13].

Alginátová kyselina nebo vápenatá sůl jsou omezeně rozpustné ve vodě. Sůl sodná, draselná a amonná jsou rozpustné v horké i ve studené vodě. Algináty alkalických kovů, amonné soli aminů a hořečnaté soli jsou rozpustné, naproti tomu vápenaté soli jsou nerozpustné. Rozpustnost je ovlivňována hodnotou pH, iontovou silou a druhem iontů. V kyselých roztocích se sráží alginová kyselina, při pomalém okyselování se místo sraženiny tvoří gel. Algináty tvoří termostabilní gely a filmy. Mají silnou tendenci vázat nebo absorbovat vodu, což má za následek bobtnání a vznik vratných gelů. Tato vlastnost je charakteristická pro algin. Gel vzniká v přítomnosti dostatečného množství iontů vápníku nebo jiných vícemocných iontů. Na vazbě iontů se vápníku se nepodílejí pouze elektrostatické síly, ale dochází i k chelataci. Vazebnými místy jsou sekvence G úseků obsahujících alespoň čtyři jednotky guluronové kyseliny. V závislosti na obsahu kyseliny guluronové a s tím souvisejícím množstvím vazebných úseků vznikají gely různých vlastností [11, 13, 27].

Algináty se používají v koncentraci 0,25–0,5 % jako zahušňovadlo náplní do pečiva a jako emulgátory pro zlepšení konzistence pečiva. Připravené gely z alginátu se vyznačují značnou stabilitou a neroztékavostí při vyšších teplotách během pečení [10].

1.3 Hydrokoloidy mikrobiálního původu

Hydrokoloidů mikrobiálního původu je celá řada, avšak průmyslově je využíváno jen malé množství z nich. V pekárenské technologii je využíván zejména xanthan a dextran. Mikroorganismy a vyšší houby produkují dva základní typy polysacharidů: extracelulární nebo intracelulární. Extracelulární polysacharidy bakterií se hromadí ve formě kapsulí, které zůstávají součástí buněčné stěny nebo se vyskytují v podobě amorfni slizovité hmoty obklopující vnější část buněčné stěny. Tyto slizy se označují jako bakteriální gummy s unikátními vlastnostmi, pro které jsou využívány v potravinářském průmyslu. Mezi nejvýznamnější zástupce extracelulárních bakteriálních hydrokoloidů je řazen xanthan, gellan a v potravinářství méně využívaný dextran. Kvasinky, plísně a vyšší houby produkují velké množství různých extra- a intracelulárních polysacharidů. V potravinářském průmyslu se jako hydrokoloidy uplatňují pouze glukany, a to α -glukany s kombinovanými vazbami α -(1→4), α -(1→3) a také některé β -glukany s kombinovanými vazbami β -(1→3) a β -(1→6) [10, 13].

1.3.1 Xanthan

Nejvýznamnější ze skupiny polysacharidů mikrobiálního původu je xanthan. Xanthan je vysokomolekulární extracelulární polysacharid, který je produkován fermentací sacharidů bakterií *Xanthomonas*, po které je pojmenovaný. Průmyslově se nejčastěji využívá bakterie *Xanthomonas campestris*. Bakterie *Xanthomonas campestris* produkuje tento polysacharid komplexními enzymatickými pochody na povrchu své buněčné stěny během jejího normálního životního cyklu. Tento druh bakterie se v přírodě nachází na listech brukvovité zeleniny např. na zelí [45, 46].

Komerčně se xanthanová guma vyrábí z čisté kultury bakterií aerobní fermentací ve sterilizovaném dobře provzdušněném mediu, které obsahuje glukózu, zdroj dusíku a různých stopových prvků. Inkubace trvá 3 dny při teplotě 30 °C v průmyslovém fermentoru, při tepelném ošetření se odstraní životaschopné mikroorganismy a kultura je srážena izopropylalkoholem. Nakonec je produkt upraven sušením, mletím, prosetím a následně zabalen [15, 47].

Hlavní řetězec xanthanu je tvořen β -D-(1→4) glukosovými jednotkami. Postranní řetězce jsou tvořeny zbytkem D-glukuronové kyseliny a dvěma zbytky D-mannosy. K terminální

D-mannosové jednotce postranního řetězce je glykosidovou vazbou β -(1 \rightarrow 4) vázaná β -D-glukuronová kyselina, k níž je vazbou (1 \rightarrow 2) připojena α -D-mannosa. Struktura je dále komplikována přítomností pyrohroznové kyseliny vázané na koncovou jednotku β -D-mannosu. Vnitřní mannosová jednotka v postranním řetězci je v poloze C-6 acetylována. Struktura se může dále lišit stupněm substituce v závislosti na produkčním kmenu bakterií. Xanthanové molekuly tvoří jednoduchou nebo dvojitou šroubovici stabilizovanou postranním řetězcem [13].

Xanthanový polymer je dobře rozpustný ve studené vodě přibližně do 1 % roztoku. V organických rozpouštědlech je nerozpustný. Disperze jsou vysoce viskózní, viskozita rychle stoupá s koncentrací a je závislá na teplotě. Při zahřevu viskozita nejprve klesá, při pokračujícím zvyšování teploty opět roste, vlivem mění se konformace molekul. Disperze xanthanu jsou stabilní v přítomnosti solí, kyselém i alkalickém prostředí a za zvýšené teploty (nad 80 °C). Viskozita disperze se zvyšuje v přítomnosti guarové gumy, vyšší viskozita je stabilní v široké oblasti koncentrací solí, pH a teplot. Xanthan sám o sobě netvoří gely, termoreverzibilní gely vytváří ve směsi s některými polysacharidy, např. galaktomannany (lokustovou gumou), glukomannany (konjakovou gumou) a κ -karagenanem. Gel vzniká interakcí molekul xanthanu s nevětvenou částí molekuly jiného polysacharidu. Kvalitnější elastické soudržné gely vznikají z deacetylovaného xanthanu [11, 13].

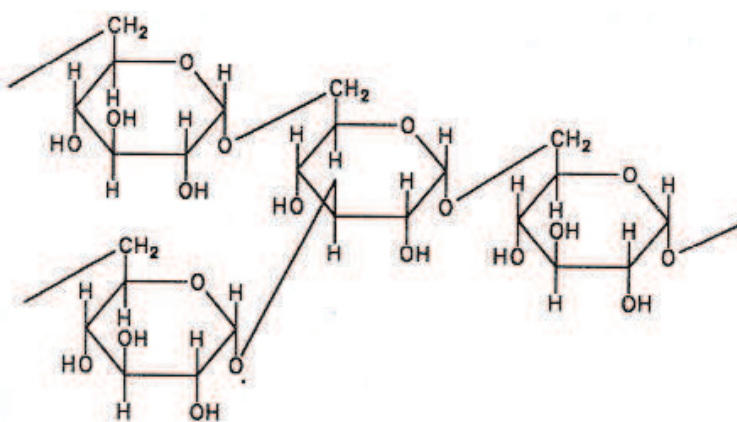
V potravinářství je používán jako zahušťovadlo, stabilizátor emulzí typu olej ve vodě a pěn, v kombinaci s jinými hydrokoloidy i jako gelotvorná látka. V pekárenství se využívá jako náhrada lepku, ke zvýšení stability mražených těst při rozmrazování a pro zpomalení retrogradace škrobu a následného stárnutí pečárenských výrobků. V těstě snižuje sedimentaci mouky a zlepšuje zadržování plynu v těstě [11, 13, 45].

1.3.2 Dextran

Tento polysacharid je znám již téměř 100 let. Dextran je extracelulární polysacharid produkovaný bakterií *Leuconostoc mesenteroides*, *Streptobacterium dextranicum*, *Streptococcus mutans* a některými dalšími bakteriemi. Názvem dextran je označován většinou polysacharid syntetizovaný bakteriemi *Leuconostoc mesenteroides* nebo *dextranicus*. Při použití vhodného kmenu bakterií a volbě vhodných podmínek lze při průmyslových fermentacích u dextranů dosáhnout žádané molekulární hmotnosti, větvení molekuly a poměru vazeb (1 \rightarrow 6), (1 \rightarrow 4) a (1 \rightarrow 3). Spontánně vzniká dextran v kontaminované cukrové řepě

a šťávě, kde způsobuje zvýšení viskozity, která následně ztěžuje zpracování řepy v cukrovarech [11, 13].

Dextrany jsou polysacharidy tvořené asi z 95 % α -(1 \rightarrow 6) vázanými glukosovými jednotkami. Zbytek představuje D-glukosa vázaná vazbou α -(1 \rightarrow 3) tvořící postranní řetězce. Některé dextrany mají postranní řetězce částečně vázány také glykosidovými vazbami α -(1 \rightarrow 4) a α -(1 \rightarrow 2). Typ glykosidových vazeb a jejich počet závisí na původu polysacharidu [13].



Obrázek 7: Dextran [11]

Dextran je dobře rozpustný ve vodě, ale vyskytují se i dextrany vyznačující se nerozpustností ve vodě. Roztoky ve srovnání např. s xanthanem mají nízkou viskozitu a jsou poměrně odolné vůči hydrolýze. Viskozita roztoku je závislá na koncentraci, teplotě a molekulové hmotnosti. Dextran je bílé barvy a neutrální chuti [13].

V potravinářství jsou dextrany používány omezeně, většinou ve směsi s jinými polysacharidy např. agarovou gumou. Vyznačují se velmi dobrými emulgačními vlastnostmi a slouží jako stabilizátory emulzí typu olej ve vodě. Váží na sebe vodu a tím zabraňují krystalizaci sacharosy. V pekárenství je používán jako přípravek do kynutých pšeničných těst, kde zvyšuje množství vázané vody, což se vyznačuje měkčí a vláčnější střídou výrobku a zpomalení retrogradace škrobu [10, 13].

2 TECHNOLOGIE VÝROBY FERMENTOVANÉHO PEČIVA

Poptávka na trhu po bezpečkových výrobcích neustále roste z důvodu zvyšujícího se počtu lidí trpícím onemocněním celiakií, nebo jiné alergické reakce na gluten. Z technologického hlediska výroby fermentovaného pečiva je největším úskalím nahrazení vlastností lepku v těstě, které jsou nezbytné pro získání vysoce kvalitních obilných výrobků. Většina dostupných bezpečkových obilných výrobků na trhu má zhoršenou kvalitou ve srovnání s pšeničným pečivem. Vyznačují se suchou a drobivou strukturou střídky, malým objemem a příchutěmi, které snižují chuťový vjem u spotřebitelů. Výrobky pro tuto skupinu lidí jsou založeny především na využití škrobů a mouk různého botanického původu, hydrokoloidů, gum, mléčných výrobků a jejich kombinací, jako alternativ ke glutenu, vedoucího ke zlepšení struktury, chuťových vjemů a údržnosti obilných výrobků [8, 48].

2.1 Vlastnosti glutenu v těstě

Lepek je označován za strukturní protein pšenice. Skládá se z bílkovinných frakcí gluteninu a gliadinu. Hydratací gluteninu vznikají pevné, pružné, vláknité molekuly a gliadin při hydrataci vytváří viskózní tekutinu, která vyplňuje prostor mezi vláknitými molekulami. Kombinací těchto vlastností se lepek projevuje elasticitou, soudržností a viskózními vlastnostmi. V těstě lepek vytváří síťovou strukturu, která se při zvyšování koncentrace kvasných plynů napíná a vytváří velký objem výrobku. Glutenová matice významně ovlivňuje u těsta tažnost, pružnost, jeho chování během mísení a schopnost zadržovat kvasné plyny, která má vliv na pórovitost a objem střídky výrobku. Vzhledem k tomu, že je lepek zodpovědný za viskoelastické vlastnosti těsta, je jeho nahrazení jedním z největších problémů při výrobě pečárenských výrobků. Nepřítomnost lepku v těstě často vede k tvorbě tekutého těsta, které se projevuje rozpadající se střídkou, špatnou barvou a dalšími kvalitativními vadami u upečeného výrobku. Zachování schopnosti zadržovat plyny v těstě neobsahujícího lepek se docílí nahrazením glutenu jiným gelem. Příprava takto upravených těst je obtížná a vyžaduje úpravu tradičního výrobního postupu [8, 48, 49].

2.2 Technologie výroby s použitím rýžového škrobu

Výzkum se dlouhodobě zaměřuje na možnosti výroby bezpečkových pečárenských výrobků s využitím škrobů v kombinaci s hydrokoloidy. Studie byly provedeny za použití pšeničného škrobu ve směsi s jiným škrobem (např. rýžový, kukuřičný, bramborový). U bezpečkových výrobků jsou srovnávány smyslové vlastnosti se vzorkem standardu vyrobe-

ného z pšeničné mouky. V této technologii se používá pšeničný rafinovaný škrob v kombinaci s rýžovým škrobem. Pšeničný škrob je využíván jako náhrada za pšeničnou mouku. Oddělení pšeničného škrobu z pšeničné mouky je zásadní technologický proces, z důvodu zbytkového obsahu lepku, který nesmí překročit hranici 20 mg/kg. Rýžový škrob se ukázal jako jeden z nejvhodnějších škrobů z obilovin pro přípravu výrobků pro celiaky. Vyznačuje se širokou dostupností, nízkým obsahem prolaminů, nízkou hladinou sodíku, vysokým počtem snadno stravitelných sacharidů a nepřítomností lepku. Přídavkem hydroxypropylmethylcelulosy, karubinu, guarové gummy, karagenanu, xanthanu a agaru jako náhrady glutenu vedlo k vytvoření rýžového pečiva [8, 48].

Rýžová mouka je používána při pečení v mnoha různých podobách, jako bílá rýžová mouka neobsahující otruby, nebo celozrnná hnědá rýžová mouka. Typ použité mouky má vliv na kvalitu výsledného pečiva. Optimální složení rýžového pečiva při použití pšeničného škrobu a rýžové mouky v poměru 50:50, byly vyvinuty pomocí přídavku (0,4 %) karboxymethylcelulosy a (1,7 %) hydroxypropylmethylcelulosy, které splňovaly požadavky v porovnání s pšeničným pečivem ve specifickém objemu, pevnosti střídky, barvě kůrky a vlhkosti. Pečivo s přídavkem (0,7 %) guarové gummy se vyznačovalo horšími vlastnostmi. Maximální nahrazení pšeničné mouky za rýžovou bez nutnosti použití náhražky glutenu je 30 %, aniž by došlo ke zhoršení kvality pečiva, vhodnou moukou pro výrobu je bílá rýžová mouka [48].

U jiné studie při použití bílé, jemně mleté rýžové mouky bylo zjištěno optimální množství přídavku (0,8 %) karboxymethylcelulosy a (3,3 %) hydroxypropylmethylcelulosy [8].

Při nahrazení 3 až 9 % pšeničného škrobu rýžovým škrobem vedlo u výrobku k tvorbě tmavšího zabarvení kůrky, její tvrdost ovlivněna nebyla. Zaznamenána byla snížená pórovitost střídky a dosažený objem výrobku. Optimální množství nahrazeného rýžového škrobu bylo 6 %. Přidání škrobu se pozitivně projevilo na dvojnásobném zvýšení obsahu vlákniny [50].

Při výrobě pečiva z pšeničného škrobu by studován vliv 20 %, 30 % a 40 % přídavku sójového proteinu. Sójový proteinový hydrolyzát obsahoval 88 % proteinů. V porovnání se standardem se zvýšil obsah bílkovin, tuku a výrobek vykazoval uspokojivé vlastnosti během pečení [8].

Zkoumáno bylo i částečné nahrazení škrobu v pečivu za použití kombinace guarové gumy a karubinu. Guarová guma měla pozitivní vliv na strukturu střídky, projevila se zvýšeným množstvím drobných pórů, naproti tomu karubin ovlivnil zvýšení výšky pečiva. Negativní vliv měly na snížení objemu výrobku. Optimální hodnoty přídavku gum do těsta byl 2–4 % [8, 48].

Výroba bezlepkového pečiva založená na použití třech rozdílných druhů rýžových mouk podle různé velikosti zrna prokázala nejlepší výsledky u výrobků za použití kombinace jemně mleté rýžové mouky a nízkého množství hydroxypropylmethylcelulosity a karboxymethylcelulosity. Výrobky se nejvíce přiblížily v hodnocení kůrky, pórovitosti střídky, její pevnosti a vlhkosti pečivu vyrobeného z pšeničné mouky. V druhém pokusu bylo pečivo vyrobeno na základě použití (80 %) rýžové mouky a (20 %) bramborového škrobu. Pomocí měření se hledala vhodná kombinace přídavku množství hydroxypropylmethylcelulosity, karboxymethylcelulosity a vody pro jednotlivé druhy rýžových mouk. Jako vhodnou rýžovou moukou s ohledem na vlhkost, soudržnost, chuť, barvu a strukturu výrobku se osvědčila rýžová mouka ze středních zrn než rýžová mouka z dlouhých zrn rýže [51].

Konečný optimální poměr kukuřičného škrobu, maniokového škrobu a rýžové mouky pro výrobu byl stanoven na přídavku (74,2 %) kukuřičné mouky, (17,2 %) rýžové mouky a (8,6 %) maniokového škrobu. Pro zlepšení pórovitosti byl zkoumán přídavek sójové mouky. Bylo zjištěno, že přídavek (0,5 %) sójové mouky významně zpevňuje strukturu pórů, zamezuje tvorbě abnormálně velkých pórů a vylepšuje celkový vzhled pečiva [52].

Byl sledován účinek přídavku methylcelulosity, arabské gumy a vaječného albuminu na sensorické vlastnosti bezlepkového pečiva při použití nabobtnalé rýžové mouky a nabobtnalého kukuřičného škrobu. Methylcelulosa a vaječný albumin byly identifikovány jako hlavní složky ovlivňující smyslovou kvalitu výrobku. Přídavek nižšího množství arabské gumy měl za následek výrobek s nízkou hodnotou kvality. Použitím (3 %) arabské gumy, (2–4 %) methylcelulosity a vaječného albuminu bylo vyrobeno pečivo srovnatelné kvality s pšeničným pečivem [53].

2.3 Technologie výroby s přídavkem vlákniny

Vzhledem k tomu, že výroba bezlepkových výrobků je založena především na využití rafinovaných mouk a škrobů různého botanického původu, většinou jsou charakterizované mnohem nižší výživovou hodnotou, než výrobky obsahující gluten, protože postrádají

mnoho důležitých živin, jako jsou bílkoviny, vitaminy, minerální látky a v neposlední řadě vlákniny, která je nezbytná pro správné fungování trávicího traktu. Zvýšení obsahu vlákniny u bezlepkového těsta je složité, protože jeho struktura je slabší než je u pšeničného těsta, které obsahuje lepkovou síť. Obohacování bezlepkových pekařských výrobků o dietní vlákninu se stala předmětem výzkumu pro různé týmy technologů. Dřívější studie prokázaly možnost zvýšení obsahu vlákniny přidavkem jablek, rajčat a psyllia na úrovni přídatku až 7,5 %. Ukázalo se, že nejjednodušším způsobem jak zvýšit obsah vlákniny ve výrobcích je za využití obvykle používaných ingrediencí nebo nahrazením standardních složek s analogy bohatými na vlákninu [48, 54].

Nahrazení kukuřičného škrobu přidavkem amarantové mouky mělo za cíl zvýšení obsahu proteinů a vlákniny ve výrobku. Amarantová mouka v přidavku nad 10 % navýšila obsah proteinů o 32 % a vláknina se zvýšila o 152 %, aniž by došlo ke zhoršení sensorické kvality výrobku. Nově se při výrobě uplatňuje využití quinoi. Quinoa a amarant jsou řazeny mezi pseudoobilniny, vyznačující se vysokou výživovou hodnotou a v poslední době jsou využívány jako funkční potraviny. Úspěšně dopadly zkoušky s použitím quinoi i amarantu, jako (40 %) náhrady za pšeničný škrob při výrobě pečiva. Pečivo dosahovalo kvalitních sensorických vlastností a zvýšila se jeho nutriční hodnota, včetně vlákniny. Zlepšila se i vlhkost těsta, která se zvýšila na 65 % [8, 48].

Škrob je hlavní složkou bezlepkového těsta a může být ve formách, které nejsou náchylné na štěpení účinkem enzymů lidského trávicího traktu, a tím mohou být považovány za vlákninu. Rezistentní škrob pozitivně ovlivňuje fungování trávicího traktu, mikrobiální flóry, hladiny cholesterolu v krvi a pomáhá při udržování hladiny glukosy při diabetu. Na druhou stranu jejich přidavek neovlivňuje kvalitu získaných výrobků, protože struktura pečiva je silně závislá na želatinaci škrobu [48].

Částečným nahrazením kukuřičného škrobu ve výrobcích přidavkem (10 %, 15 % nebo 20 % z celkového množství škrobu) rezistentního škrobu z kukuřice, který obsahoval více než 60 % RS frakce a nahrazením stejného množství bramborového škrobu rezistentním škrobem z tapioky s deklarovanou úrovní RS vyšší než 50 % se projevilo u těsta snížením viskozity, která byla úměrná podílu přidaného rezistentního škrobu. Snížením viskozity se zvýšila pružnost těsta. U střídky výrobku s použitým rezistentním škrobem byla pozorována menší soudržnost než u pečiva bez přídatku rezistentního škrobu. Pevnost střídky se

snižovala s rostoucím množstvím aplikovaného rezistentního škrobu. Přidáním rezistentního škrobu se navýšil celkový obsah vlákniny až do 89 % ve srovnání s pečivem bez přídatku rezistentního škrobu. Nejvýznamnější změna byla pozorována u nerozpustné vlákniny, její navýšení bylo o 137 %, zatímco u rozpustné vlákniny došlo jen k mírnému zvýšení o 18 % [48].

3 VYUŽITÍ HYDROKOLOIDŮ PŘI VÝROBĚ FERMENTOVANÉHO PEČIVA

Hydrokoloidy jsou základní složky ve složení bezlepkových výrobků z obilovin. Ve výrobku se vyznačují dvěma základními funkcemi: stabilizací struktury a zlepšením textury produktu. Mezi další funkční vlastnosti patří: zpomalení retrogradace škrobu, zvyšování zadržování vlhkosti ve výrobku a jako náhražka lepku, kdy guma působí jako polymerní látky napodobující viskoelastické vlastnosti lepku ve výrobku. Klenba výrobku je formována pomocí škrobů a vyžaduje přidání hydrokoloidů, které vytvářejí strukturu pro zadržení kvasných plynů v těstě. Při výrobě pečiva jsou nejběžněji přidávány pektin, guarová guma, xanthan, hydroxymethylcelulóza a karubin [12, 48].

3.1 Guarová guma

U pečiva se guarová guma používá pro zlepšení pocitu chutě v ústech, reologických vlastností těsta při mísení a prodloužení trvanlivosti výrobku způsobeného zadržováním vlhkosti. Přídavek guarové gumy může oddálit vznik gumovitého vzhledu, pomocí změkčovacího efektu, který je způsobený možnou inhibicí retrogradace amylopektinu a působením na amylosovou síť, protože se přednostně váže na škrob. Její hydrofilní charakter zamezuje uvolňování a seskupení vody při chlazení těst. Přidáním do těst určených pro výrobu zmrazeného pečiva bylo docíleno většího objemu a zlepšení struktury s větším množstvím pórů ve srovnání s výrobkem bez přídavku guarové gumy [12].

3.2 Xanthan

Jeho nízká viskozita za vysokého smykového tření usnadňuje míchání těst. Při snížení smykového tření je jeho viskozita vysoká, u koloidní suspenze se projevuje dobrou pružností a stabilitou. Vyznačuje se necitlivostí vůči teplotě, což umožňuje udržení vysoce viskózního těsta za zvýšené teploty a zvětšování jeho struktury. Zlepšuje zesílení těst, zvyšuje absorpci vody a schopnost těsta zadržovat kvasné plyny, jejichž množství ovlivňuje specifický objem konečného výrobku. Využívá se ke zlepšení textury, udržení vlhkosti v těstě, pro zvětšení objemu výrobku, omezení retrogradace škrobu, prodloužení trvanlivosti a zesílení účinnosti jiných hydrokoloidů. U pečiva jeho přidáním dochází ke snížení obsahu kalorií [12].

3.3 Mléčné přísady

Mléčné bílkoviny mají funkční vlastnosti podobné lepku, jsou schopné tvořit síť a dobře bobtnají. Mohou být využívány v pečivu pro zvýšení absorpce vody a zlepšení vlastností těsta. Výrobky doplněné o mléčné přísady s vysokým obsahem laktosy nejsou vhodné pro celiaky, kteří mají značně poškozený povrch sliznice tenkého střeva. Z důvodu poškození střevních klků mohou postrádat enzym štěpící laktosu. Přípravek s vysokým obsahem bílkovin a nízkým obsahem laktosy (např. kseinát sodný, mléčný proteinový izolát) má pozitivní vliv na celkový tvar, pevnější texturu, póry výrobku a smyslové aspekty. Vyrobené pečivo se vyznačovalo tmavou, měkkou kůrkou, zvýšeným objemem střídky a dvojnásobným množstvím obsahu bílkovin oproti vzorku pšeničného pečiva [8, 48].

3.4 Algináty

Alginát se vyznačuje nejvyšším stupněm absorpce vody ve srovnání s jinými hydrokoloidy jako je např. karagenan a xanthan. Tato vlastnost vyplývá z množství hydroxylových skupin v jeho struktuře, které umožňují pomocí vodíkových vazeb navázat větší množství vody. Ve střídce pečiva dochází přidáním sodného alginátu ke zvýšení obsahu vody [12].

ZÁVĚR

Bakalářská práce byla zaměřena na vybrané druhy hydrokoloidů používaných v pekárenském průmyslu při výrobě fermentovaného pečiva jako náhrada lepkových bílkovin. Cílem práce bylo definovat hydrokoloidy, jejich funkční vlastnosti a popsat technologii výroby bezlepkového fermentovaného pečiva.

Celiakiální sprue je chronické autoimunitní hereditární onemocnění vyvolané intolerancí ke glutenu. Gluten se nachází v pšenici, žitě, ječmeni a v ovsi. Hlavním projevem onemocnění jsou zánětlivé změny povrchu sliznice tenkého střeva, při kterém dochází k postupnému ztenčování mikrokloků a klků. Ztenčování povrchu tenkého střeva má za následek zmenšení až vymizení jeho schopnosti trávení a vstřebávání důležitých živin. Jedinou doposud účinnou léčbou tohoto onemocnění je přísné dodržování diety bez glutenu. Počet lidí trpících onemocněním celiakie, nebo jiné alergické reakce na gluten se vlivem lepší diagnostiky neustále zvyšuje. Zároveň se na trhu navyšuje poptávka po bezlepkových pekárenských výrobcích.

V produkci těchto výrobků představuje z technologického hlediska největší úskalí nutnost nahrazení lepku v těstě. Vlastnosti lepku jsou nezbytné pro vytvoření vysoce kvalitních obilných výrobků. V těstě vytváří síťovou strukturu, která se při zvyšování koncentrace kvasných plynů napíná a vytváří velký objem výrobku. Glutenová struktura významně ovlivňuje u těsta tažnost, pružnost, jeho chování během mísení a schopnost zadržovat kvasné plyny, které mají vliv na pórovitost a objem střídky výrobku.

Technologie výroby bezlepkového fermentovaného pečiva je založena především na využití škrobů a mouk různého botanického původu, hydrokoloidů, gum, mléčných výrobků a jejich kombinaci, vedoucí ke zlepšení struktury, jakosti, chutě a údržnosti obilných výrobků.

Nejčastěji se používají škroby v různém poměru z pšenice, rýže, kukuřice, brambor nebo tapioku. Používání pšeničného škrobu se ukázalo jako ne zrovna nejvhodnější. Během jeho výroby dochází k odstranění proteinové složky, přesto v něm může zůstat malé množství bílkovin. Pravidelný dlouhodobý příjem byť malého množství těchto bílkovin se projevilo u pacientů škodlivě na jejich zdravotním stavu. Naopak rýžový škrob se ukázal jako jeden z nejvhodnějších škrobů z obilovin pro přípravu výrobků. Vyznačuje se širokou dostupno-

stí, nízkým obsahem prolaminů, nízkou hladinou sodíku, vysokým počtem snadno stravitelných sacharidů a nepřítomností lepku.

Optimální složení rýžového pečiva při použití pšeničného škrobu a rýžové mouky v poměru 50:50, byly vyvinuty pomocí přídavku (0,4 %) karboxymethylcelulosity a (1,7 %) hydroxypropylmethylcelulosity, které splňovaly požadavky v porovnání s pšeničným pečivem ve specifickém objemu, pevnosti střídky, barvě kůrky a vlhkosti. Maximální nahrazení pšeničné mouky za rýžovou bez nutnosti použití náhražky glutenu je 30 %, aniž by došlo ke zhoršení kvality pečiva.

Poměr kukuřičného škrobu, maniokového škrobu a rýžové mouky pro výrobu byl stanoven na přídavku (74,2 %) kukuřičné mouky, (17,2 %) rýžové mouky a (8,6 %) maniokového škrobu. Přídavek (0,5 %) sójové mouky významně zpevňuje strukturu pórů, zamezuje a vylepšuje celkový vzhled pečiva.

Výroba bezlepkových výrobků je založena především na využití rafinovaných mouk a škrobů, většinou jsou charakterizované mnohem nižší výživovou hodnotou, než výrobky obsahující gluten, protože postrádají mnoho důležitých živin, jako jsou bílkoviny, vitaminy, minerální látky a v neposlední řadě vlákniny, která je nezbytná pro správné fungování trávicího traktu. Zvýšení obsahu vlákniny u bezlepkového těsta je složité, protože jeho struktura je slabší než je u pšeničného těsta, které obsahuje lepkovou síť. Nejjednodušším způsobem jak zvýšit obsah vlákniny ve výrobcích je za využití obvykle používaných ingrediencí nebo nahrazením standardních složek s analogy bohatými na vlákninu.

Nahrazení kukuřičného škrobu přídavkem amarantové mouky mělo za cíl zvýšení obsahu proteinů a vlákniny ve výrobku. Amarantová mouka v přídavku nad 10 % navýšila obsah proteinů o 32 % a vláknina se zvýšila o 152 %, aniž by došlo ke zhoršení sensorické kvality výrobku. Nově se při výrobě uplatňuje využití quinoi.

Jinou možností je částečné nahrazení kukuřičného škrobu rezistentním škrobem z kukuřice a nahrazením stejného množství bramborového škrobu rezistentním škrobem z tapioky. Přidáním rezistentního škrobu se navýšil celkový obsah vlákniny až do 89 % ve srovnání s pečivem bez přídavku rezistentního škrobu. Nejvýznamnější změna byla pozorována u nerozpustné vlákniny, její navýšení bylo o 137 %, zatímco u rozpustné vlákniny došlo jen k mírnému zvýšení o 18 %.

Klenba výrobku je formována pomocí škrobů a vyžaduje přidání hydrokoloidů, které vytvářejí strukturu pro zadržení kvasných plynů v těstě. Hydrokoloidy jsou vysokomolekulární látky, z nichž většina se řadí mezi polysacharidy, ale patří mezi ně např. i bílkoviny a fosfolipidy. Funkční vlastnosti jsou ovlivňovány jejich reakcí s vodou. Jejich charakteristickou vlastností je schopnost pevně a stabilně vázat velký objem vody v množství, které může odpovídat až stonásobku jejich vlastní hmotnosti. Gumy působí jako polymerní látky napodobující viskoelastické vlastnosti lepku ve výrobku. Při výrobě pečiva jsou nejběžněji přidávány pektin, guarová guma, xanthan, hydroxymethylcelulóza a karubin.

Guarová guma se používá při výrobě pečiva pro zlepšení reologických vlastností těsta při mísení, pocitu chutě v ústech a prodloužení trvanlivosti výrobku. Přídavek xanthanu zlepšuje zesílení těst, zvyšuje absorpci vody a schopnost těsta zadržovat kvasné plyny, jejichž množství ovlivňuje specifický objem konečného výrobku. Využívá se ke zlepšení textury, pro zvětšení objemu výrobku, omezení retrogradace škrobu, prodloužení trvanlivosti a zesílení účinnosti jiných hydrokoloidů. U pečiva jeho přidáním dochází ke snížení obsahu kalorií. Alginát se vyznačuje nejvyšším stupněm absorpce vody ve srovnání s jinými hydrokoloidy jako je např. karagenan a xanthan. Ve střídce pečiva dochází přidáním sodného alginátu ke zvýšení obsahu vody.

Mléčné bílkoviny mají podobné funkční vlastnosti jako lepek, jsou schopné tvořit síť a dobře bobtnají. Mohou být využívány v těstě pro zvýšení absorpce vody. Výrobky doplněné o mléčné přísady s vysokým obsahem laktosy nejsou vhodné pro celiaky, kteří mají značně poškozený povrch sliznice tenkého střeva. Z důvodu poškození střevních klků mohou postrádat enzym štěpící laktosu. Přípravek s vysokým obsahem bílkovin a nízkým obsahem laktosy (např. kseinát sodný, mléčný proteinový izolát) má pozitivní vliv na celkový tvar, pevnější texturu a póry výrobku. Vyrobené pečivo se vyznačovalo zvýšeným objemem střídky a dvojnásobným množstvím obsahu bílkovin oproti vzorku pšeničného pečiva.

Použití hydrokoloidů a škrobů představuje nejrozšířenější způsob k nahrazení glutenu při výrobě bezlepkového pečiva. V nových postupech je uplatňován přídavek vlákniny a alternativních zdrojů bílkovin pro zvýšení nutriční hodnoty výrobků. V současné době dochází k nárůstu pacientů trpících celiakií, a proto je důležité se nadále zabývat výzkumem a vývojem výrobků, neobsahujících gluten.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] FRIC, Přemysl a Olga MENGEROVÁ. *Celiakie: bezlepková dieta a rady lékaře*. 1. vyd. Čestlice: Medica Publishing, 2008, s. 186. Dieta (Pavla Momčilová - Medica Publishing). ISBN 978-80-85936-62-9.
- [2] KOHOUT, Pavel a Jaroslava PAVLÍČKOVÁ. *Celiakie: dieta bezlepková*. 1. vyd. Čestlice: P. Momčilová, 1995, s. 120. Dieta. ISBN 80-901-1376-1.
- [3] MOŽNÁ, Lucie. *Bezlepkářům od A do Z: příručka pro celiaky*. 1. vyd. Ostrava: Ringier Print, 2006, s. 186. ISBN 40-566-9107-4.
- [4] KORUS, Mariusz WITCZAK, Rafał ZIOBRO a Lesław JUSZCZAK. The impact of resistant starch on characteristics of gluten-free dough and bread. *Food Hydrocolloids*. May 2009, roč. 23, č. 3, s. 988 - 995. ISSN 0268-005X. Dostupné z: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X08001690
- [5] RUJNER, Jolanta a Barbara A CICHANŠKA. *Bezlepková a bezmléčná dieta*. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2006, s. 108. Zdraví pro každého (Computer Press). ISBN 80-251-0775-2.
- [6] ČERVENKOVÁ, Renata a Barbara A CICHANŠKA. *Celiakie*. 1. vyd. Praha: Galén, 2006, s. 64. Zdraví pro každého (Computer Press). ISBN 80-726-2425-3.
- [7] Nařízení komise (ES) č. 41/2009: ze dne 20. ledna 2009 o složení a označování potravin vhodných pro osoby s nesnášenlivostí lepku. In: *Úřední věstník Evropské unie*. 2009. Dostupné z: <http://Úřední věstník Evropské unie>
- [8] GALLAGHER, E., T. R. GORMLEY a E. K. ARENDT. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends in Food Science & Technology*. March–April 2004, roč. 15, č. 3 - 4, s. 143 - 152. ISSN 0924-2244. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224403002590>
- [9] VONDRÁŠKOVÁ, Šárka. *Americký výzkum výroby pečiva bez glutenu*. [online]. [cit. 2013-04-05]. Dostupné z: <http://www.bezlepkovadieta.cz/bezlepkovadieta/2759-3/americky-vyzkum-vyroby-peciva-bez-glutenu>
- [10] PŘÍHODA, Josef, Pavla HUMPOLÍKOVÁ a Dana NOVOTNÁ. *Základy pekárenské technologie*. 1. vyd. Praha: Pekař a cukrář, 2003, s. 363. ISBN 80-902-9221-6.

- [11] KODET, Josef, Ilona ŠOTOLOVÁ a Slavoj ŠTĚRBA. *Plnicí, zahušťovací, gelotvorné a stabilizační látky pro potraviny: (Potravinářské hydrokoloidy)*. 1. vyd. Praha: Středisko potravinářských informací, 1993, s. 235. ISBN 80-851.
- [12] KOHAJDOVÁ, Zlatica a Jolana KAROVIČOVÁ. Application of hydrocolloids as baking improvers. *Chemical Papers*. 2009, roč. 63, č. 1, s. 26-38. ISSN 0366-6352. DOI: 10.2478/s11696-008-0085-0.
Dostupné z: <http://www.springerlink.com/index/10.2478/s11696-008-0085-0>
- [13] VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ. *Chemie potravin 1*. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009, s. 558. ISBN 978-80-86659-17-6.
- [14] Guma arabská. CECIL, Charles O. *Saudi Aramco word* [online]. 2005 [cit. 2013-02-02]. <http://www.saudiaramcoworld.com/issue/200502/gum.arabic.htm>
- [15] PHILLIPS, Glyn O a Peter A WILLIAMS. *Handbook of hydrocolloids*. Boca Raton, FL: CRC Press, 2000, s. 450. ISBN 08-493-0850-X.
- [16] WIELINGA, W. C. Galactomannans, *Handbook of Hydrocolloids*. 2000, s. 228 - 251. ISBN 08-493-0850-X.
- [17] Oligo- a polysacharidy rostlinného a živočišného původu. [online]. [cit. 2013-03-16]. Dostupné z: <http://www.vscht.cz/lam/new/VKzCHPrirL9.pdf>
- [18] Vyhláška ministerstva zemědělství: 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 škrob a výrobky ze škrobu, luštěniny a olejnatá semena. In: *č. 329/1997 Sb.*
- [19] MURPHY, P. Starch, *Handbook of Hydrocolloids*. 2000, s. 41 - 48. ISBN 08-493-0850-X.
- [20] EMBUSCADO, M. E. Hydrocolloids in Flavor Stabilization, *Hydrocolloids in Food Processing*. 2011, s. 215 - 242. ISBN 978-1-61344-512-9
- [21] HRABĚ, Jan a Aleš KOMÁR. *Technologie, zbožíznalství a hygiena potravin*, III. část - Technologie, zbožíznalství a hygiena potravin rostlinného původu. 1. vyd. Vyškov: Vysoká vojenská škola pozemního vojska ve Vyškově, 2003, s. 163. ISBN 80-723-1107-7.
- [22] PRUGAR, Jaroslav a kol. *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí*. 1. vyd. Praha, 2008, s. 327. ISBN 978-808-6576-282.

- [23] BROWN, William Henry a Thomas POON. *Introduction to organic chemistry*. 3rd ed. / . Hoboken, NJ: Wiley, 2005, 1 v. (various pagings). ISBN 04-714-5161-4.
- [24] ZELENKA, S., K. ČURDA a I. BOHAČENKO. *Technologie krmiv a škrobu: určeno pro posl. fakulty potravn. a biochem. technologie*. 2. Nezm. vyd. Praha: SNTL, 1983, s. 265
- [25] Potravinářské výrobky: Kořeny a hlízy. WAGENINGEN UNIVERSITY, The Netherlands. *Food-info: Since 1999* [online]. [cit. 2013-03-02]. Dostupné z: <http://www.food-info.net/cz/products/rt/cassava.htm#top>
- [26] VOTÝPKA, Jan. Pestré: Štědrá Afrika. *Země světa zeměpisný a cestopisný měsíčník*. 2002, roč. 2002, č. 9. ISSN 1213-8193. Dostupné z: www.zemesveta.cz
- [27] HAWLEY, Gessner Goodrich a Richard J LEWIS. *Hawley's condensed chemical dictionary*. 14th ed. New York: Wiley, 2002, s. 1223. ISBN 04-713-8735-5.
- [28] PADMAJA, G. *Cyanode Detoxification in Cassava for Food and Feed Uses: Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 35(4). 1995, s. 299-339.
- [29] ZOEBELEIN, Hans. *Dictionary of renewable resources*. 2nd rev. and enl. ed. Weinheim: Wiley-VCH, 2001, s. 244. ISBN 978-1-60119-923-2.
- [30] SUKOVÁ. *Obsah kyanidů v kasavě v Austrálii* [online]. 2012 [cit. 2013-03-03]. Dostupné z: <http://www.bezpecnostpotravin.cz/obsah-kyanidu-v-kasave-v-australii.aspx>
- [31] Bezlepkové výrobky s modifikovaným tapiokovým škrobem. [online]. 2008 [cit. 2013-03-12]. Dostupné z: <http://www.bezpecnostpotravin.cz/bezlepkove-vyrobyky-s-modifikovanim-tapiokovym-skrobem.aspx>
- [32] KOPÁČOVÁ, Olga. *Trendy ve zpracování cereálií s přihlédnutím zejména k celozrnným výrobkům*. Praha: ÚZPI, 2007, s. 55. ISBN 978-80-7271-184-0.
- [33] SKLÁDANKA, J. Kukuřice setá. *Multimediální učební texty pícninářství: Ústav výživy zvířat a pícninářství MZLU, Brno* [online]. 2006 [cit. 2013-03-16]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_222_multitext/picniny/sklady.php?
- [34] Kukuřice. *Internetový časopis Oko* [online]. č. 19 [cit. 2013-03-16]. Dostupné z: <http://oko.yin.cz/19/kukurice/>
- [35] TICHÁ, M. a P. VYZÍNOVÁ. *Polní plodiny*. Brno, 2006, s. 41.

- [36] HAMAKER, Ed. by Bruce R. *Technology of functional cereal products*. Cambridge: Woodhead Publ, 2008, s. 456 - 457. ISBN 978-1-84569-177-6.
- [37] HAWLEY, Gessner Goodrich a Richard J LEWIS. *Dictionary of food science and technology*. 2nd ed. IFIS: Wiley-Blackwell, 2009, s. 473. ISBN 14-051-8740-9.
- [38] Výklad pojmů - kukuřice na zrno. *Limagrain, Česká republika* [online]. [cit. 2013-03-16]. Dostupné z: <http://www.limagraincentraleurope.com/cz/glossary/glossary-maize-grain.cfm>
- [39] POLÍVKA, František. *Užitkové a pamětihodné rostliny cizích zemí*. Praha: Volvox Globator, 1996, s. 646. ISBN 80-720-7025-8.
- [40] ZOEBELEIN, Hans a Volker BÖLLERT. *Dictionary of renewable resources*. 2nd rev. and enl. ed. New York: Wiley-VCH, 2001, s. 408. ISBN 35-273-0114-3.
- [41] SERVICE, Compiled and edited by the International Food Information. *Dictionary of food science and technology*. 2nd ed. Chichester, U.K: Wiley-Blackwell, 2009, s. 367. ISBN 978-1-61583-120-3.
- [42] ARMISE 'N, R. a F. GALATAS. Agar, *Handbook of Hydrocolloids*, 2000, s. 21 - 33. ISBN 08-493-0850-X.
- [43] IMESON, A. P. Carrageenan, *Handbook of Hydrocolloids*. 2000, s. 87 - 102. ISBN 08-493-0850-X.
- [44] LANGENDORFF, V., G. CUVELIER, B. LAUNAY, C. MICHON, A. PARKER a C. G. DE KRUIF. Casein micelle/iota carrageenan interactions in milk: influence of temperature: *Food Hydrocolloids*. 1999, s. 211-218. ISSN 0268-005X
- [45] SWORN, G. Xanthan gum, *Handbook of Hydrocolloids*. 2000, s. 103 - 115. ISBN 08-493-0850-X.
- [46] MITTAL, Vikas. *Renewable polymers: synthesis, processing, and technology*. Salem, Mass.: Scrivener Pub. 2012, s. 462 - 465. ISBN 978-0-470-93877-5.
- [47] IMESON, A. *Food stabilisers, thickeners and gelling agents*. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell Pub., 2010, s. 352. ISBN 14-051-3267-1.
- [48] ARENDT, E. K. a F. DAL BELLO. Functional cereal products for those with gluten intolerance, *Technology of functional cereal products*. 2008, s. 446 - 467. ISBN 978-1-84569-177-6.

- [49] MARCONI, E., a M. CARECA. Pasta from nontraditional raw materials. *Cereal Foods World*. 2001, roč. 46, s. 522 - 530. ISSN 0146-6283.
- [50] GALLAGHER, E., O. POLENGHI a T. R. GORMLEY. Improving the quality of gluten-free breads. *Farm and Food*. 2002, roč. 12, s. 8 - 13.
- [51] YLIMAKI, G., Z. J. HAWRYSH, R. T. HARDIN a A. B. R. THOMSON. Response surface methodology to the development of rice flour yeast breads: sensory measurements. *Journal of Food Science*. 1991, roč. 56, č. 3, s. 751 - 755. ISSN 0022-1147.
- [52] SANCHEZ, H. D., C. A. OSELLA a M. A. DE LA TORRE. Optimization of Gluten-Free Bread Prepared from Cornstarch, Rice Flour, and Cassava Starch. *Journal of Food Science*. 2002, roč. 67, č. 1, s. 416 - 419. ISSN 0022-1147.
- [53] TOUFEILI, I., DAGHER, S. SADAREVIAN, A. NOUREDDINE, M. SARA KBI a M. T. FARRAN. Formulation of gluten-free pocket-type flat breads: Optimization of methylcellulose, gum arabic and egg albumen levels by response surface methodology. *Cereal chemistry*. 1994, roč. 71, s. 594 - 601. ISSN 0009-0352.
- [54] LAZARIDOU, A., D. DUTA, M. PAPAGEORGIOU, N. BELC a C. G. BILIADERIS. Effect of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of Food Engineering*. 2007, roč. 79, s. 1033 - 1047. ISSN 0260-8774.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

cm	centimetr
m	metr
g	gram
°C	stupeň Celsia
%	procento
Na	sodík
Ca	vápník
Mg	hořčík
Sr	stroncium
Ba	baryum
K	draslík
Fe	železo
P	fosfor
HCN	kyanovodík
NaOH	hydroxid sodný
Na ₂ CO ₃	uhličitan vápenatý
HCl	kyselina chlorovodíková
CO ₂	oxid uhličitý
USA	Spojené státy americké
obr.	obrázek
cca.	přibližně
α	alfa
β	beta
λ	lambda

θ	théta
ι	ióta
κ	kappa
ξ	ksí
ν	ný
μ	mí
$<$	menší než

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Strom <i>Acacia Senegal</i> [14].....	13
Obrázek 2: Guaran [17]	16
Obrázek 3: Lineární amyloza [20]	18
Obrázek 4: Rozvětvený amylopektin [20]	19
Obrázek 5: Hlízy manioku [25]	21
Obrázek 6: <i>Zea mays L.</i> [33].....	22
Obrázek 7: Dextran [11]	31