

Nové trendy zpracování škrobu

Dagmar Válková

Bakalářská práce
2010



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav biochemie a analýzy potravin

akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Dagmar VÁLKOVÁ**
Osobní číslo: **T07167**
Studijní program: **B 2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie a řízení v gastronomii**

Téma práce: **Nové trendy zpracování škrobu**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Obecné vlastnosti o škrobu.
2. Přehled technologie výroby škrobu z různých plodin.
3. Nové trendy ve zpracování škrobu.



Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] MIKULÍKOVÁ, D., HORVÁTHOVÁ, V., KRAIC, J., ŽOFAJOVÁ, A. Hodnotenie obilného škrobu pre produkciu bioetanolu. Nové poznatky z genetiky a šľachtenia poľnohospodárskych rastlín. Zborník zo 14. vedeckej konferencie, Piešťany: VÚRV, 2007.

[2] http://www.plantic.com.au/docs/Plantic_MR_Nstarch.pdf.

[3] KULP, K., PONTE, J.ÁG. Handbook of Cereal Science and Technology. Second Edition, Revised and Expanded. New York, Marcel Dekker, Inc. 2000, 790ás.

[4] ROMANOVSKÝ, A., ČINČEROVÁ, A., ČÍŽEK, F. et al. Obecná biologie. Státní pedagogické nakladatelství, n. p., Praha, 1988, 696 s.

Vedoucí bakalářské práce:

Mgr. Iva Burešová, Ph.D.

Ústav technologie a mikrobiologie potravin

Datum zadání bakalářské práce:

4. února 2010

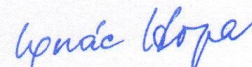
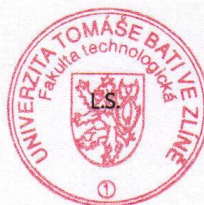
Termín odevzdání bakalářské práce:

30. května 2010

dne -8. 04. 2010



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



prof. Ing. Ignác Hoza, CSc.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno:

Obor:

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

.....

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). Odpirá-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 tradiční výrobou škrobu bramborového, pšeničného, kukuřičného i výrobou škrobu z jiných obiloviny a exotických rostlin jako je maniok, batáty aj. Popsány jsou i jednotlivé škrobnaté plodiny, jejich vlastnosti, složení a využití. Největší význam mají v poslední době obiloviny, které se používají na výrobu biopaliv a bioplastů. Biopaliva jsou alternativou budoucnosti. Jejich obrovská výhoda spočívá v tom, že je lze přimíchávat do klasických pohonných hmot. V práci jsou také okrajově popsány fyzikální a chemické vlastnosti a odlišnosti škrobových zrn. Dále je zmíněno netradiční průmyslové využití škrobu a výrobky ze škrobu.

Klíčová slova: škrob, amyloza, amylopektin, brambory, kukuřice, pšenice, výrobky ze škrobu, biopalivo, bioplast

ABSTRACT

This work describes traditional potato starch, wheat starch, corn starch and other cereals, and exotic plants such as cassava, sweet potatoes, etc. The individual starch crops, properties, composition and use are described too. The greatest importance are the recent cereals, which is used to produce biofuels and bioplastics. Biofuels are an alternative for future. Their main advantage is the possibility to incorporate traditional fuels. There are also marginally described physical and chemical characteristics and differences of starch granules. It is also mentioned the industrial use of traditional starch and manufacturing of starch-ky.

Keywords: starch, amylose, amylopectin, potato, corn, wheat, starch product, biocel, bioplastics

Děkuji své vedoucí práce paní Mgr. Ivaně Burešové, Ph.D., za její odborné vedení, poskytnuti materiálů a užitečných rad, které mi pomohly ke zpracování méj bakalářské práce.

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

Prohlašuji, že jsem na bakalářské/diplomové práci pracoval(a) samostatně a použitou literaturu jsem citoval(a). V případě publikace výsledků, je-li to uvedeno na základě licenční smlouvy, budu uveden(a) jako spoluautor(ka).

Ve Zlíně

.....

Podpis studenta

OBSAH

ÚVOD.....	10
1 TEORETICKÁ ČÁST	12
1 ŠKROB.....	13
1.1 FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI ŠKROBU	13
1.2 CHEMICKÉ VLASTNOSTI ŠKROBU	15
1.2.1 Amylosa	15
1.2.2 Amylopektin.....	16
1.3 JAKOST ŠKROBU	16
2 TRADIČNÍ SUROVINY NA VÝROBU ŠKROBU.....	18
2.1 BRAMBORY	18
2.1.1 Průmyslové brambory	18
2.2 PŠENICE.....	19
2.2.1 Chemické složení pšeničného zrna	19
2.3 KUKUŘICE	20
2.3.1 Složení kukuřičného zrna.....	20
2.4 JEČMEN	21
2.4.1 Chemické složení ječmene	21
2.5 RÝŽE	22
2.5.1 Chemické složení rýže	22
2.6 ŽITO	23
2.6.1 Chemické složení žita	23
3 EXOTICKÉ SUROVINY NA VÝROBU ŠKROBU	24
3.1 MANIOK	24
3.1.1 Topioka	24
3.2 UMĚLÉ SÁGO	24
4 TRADIČNÍ TECHNOLOGIE ZÍSKÁVÁNÍ ŠKROBU.....	25
4.1 BRAMBOROVÝ ŠKROB	25
4.1.1 Výroba bramborového škrobu.....	26
4.2 PŠENIČNÝ ŠKROB.....	26
4.2.1 Výroba pšeničného škrobu	27
4.3 KUKUŘIČNÝ ŠKROB	27
4.3.1 Výroba kukuřičného škrobu	27
5 NETRADIČNÍ TECHNOLOGIE ZÍSKÁVÁNÍ ŠKROBU	29

5.1	JEČMENNÝ ŠKROB	29
5.2	RÝŽOVÝ ŠKROB.....	29
5.3	ŽITNÝ ŠKROB.....	29
5.4	MANIOKOVÝ ŠKROB	30
5.5	BATÁTOVÝ ŠKROB.....	30
5.6	SÁGOVÝ ŠKROB.....	30
6	VÝROBKY ZE ŠKROBU	31
6.1	MODIFIKOVANÉ ŠKROBY	31
6.2	DEXTRINY	31
6.2.1	Dextriny v technickém odvětví	31
6.2.2	Dextriny v potravinářském průmyslu.....	32
6.3	HYDROLYZÁTY ŠKROBU.....	33
7	NOVÉ TRENDY VE ZPRACOVÁNÍ ŠKROBU	34
7.1	BIOPLASTY	34
7.1.1	Plasty odvozené od škrobu.....	35
7.1.2	Bioplast "PLA"	37
7.1.3	Polyhydroxylakanoáty "PHA"	38
7.1.4	Co přinese budoucnost?	39
7.2	BIOPALIVA.....	39
7.2.1	Bioetanol	41
7.2.2	Co přinese budoucnost?	42
	ZÁVĚR	43
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	45
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	49
	SEZNAM OBRÁZKŮ	50
	SEZNAM TABULEK.....	51

ÚVOD

Škrob jako surovina je známý již od pradávna a patří mezi fyziologicky a hospodářsky nejdůležitější polysacharidy [15]. Má své specifické fyzikální a chemické vlastnosti. Z fyzikálních vlastností se jedná hlavně o nerozpustnost ve studené vodě, kdy dochází k bobtnání a děj je reverzibilní [6]. V opačném případě, když škrob bude zahříván, dojde k mazovatení a děj se stává nereverzibilním. Po chemické stránce je složený polysacharid z amylosy a amylopektinu, které mají podobné chemické složení [1]. Fyzikální a chemické požadavky definují také jakost škrobu, které jsou pro různé typy škrobů odlišné, s výjimkou rozpustnosti ve studené vodě a organických rozpouštědlech [8].

Mezi tradiční suroviny na výrobu škrobu se řadí brambory, pšenice a kukuřice. Méně známé suroviny na výrobu škrobu v České republice jsou ječmen, rýže a žito. Ve světě se kromě již uvedených surovin používají pro nás také exotické suroviny jako je maniok, umělé ságo aj. [6].

Výroba, nebo-li izolace škrobu se provádí, pokud možno, v nejčistší formě. V širším slova smyslu zahrnuje i technologii výrobků ze škrobu [6].

V posledních letech se v České republice surovinová základna ani technologie získávání škrobu nijak významně nemění.

Dříve u nás převažovala výroba škrobu z brambor. Dnes se škrob vyrábí i z kukuřice a pšenice. Soustředíme se hlavně na výrobu pšeničného škrobu a výrobky z používaných plodin [6]. Největším producentem kukuřičného škrobu ve světě jsou Spojené státy americké [33]. Ostatní výroby škrobu z tropických rostlin jsou známé především v zahraničí.

Nejznámější výrobky jsou modifikované škroby, škrobové hydrolyzáty a dextriny. Jmenované výrobky využívá např. průmysl potravinářský, textilní, farmaceutický, papírenský a další [6].

Např. dextriny se v technickém odvětví používají hlavně na výrobu lepidel. V potravinářském průmyslu slouží k potahování výrobků a polotovarů [44]. Mezi hydrolyzáty škrobu patří většina druhů sirupů, které mají nižší dextriny [6].

Škrob má obnovitelné suroviny a uplatňuje se i u výrobků jako je např. bioplast [22]. Bioplasty se vyrábí z přírodních zdrojů (kukuřice, ale i obilí) a jsou ekologicky nezávadné. Mohly by začít konkurovat konvenčním plastům vyráběným z ropy. Plasty odvozené od

škrobu, tvoří 80 % podílu na trhu. Získává se z nich škrobový termoplast, jehož vlastnosti jsou ovlivnitelné přidáním aditiv [53]. Škrob se uplatňuje jako kopolymer, který se přidává do termoplastů, ochlazením tuhne a následným teplem se stává opět plastickou hmotou. Slouží k výrobě kontejnerů na pěstování sazenic a k obalování osiv [22]. Další plast je "PLA". Jedná se o polymer mléčné kyseliny, který se pravděpodobně v blízké době masově uchytí a nahradí PET lahve, které tvoří velkou část pevného odpadu. Vstupní surovinou pro jeho výrobu jsou rostliny produkující škrob, nejčastěji kukuřice. Používá se také na výrobu kelímků na pití nebo jogurtů. Polyhydroxylakanoáty "PHA" jsou polymery mikrobiálního původu, používají se jako biodegradabilní materiál [54].

Největší alternativou budoucnosti jsou biopaliva [45]. Biopaliva mají společný původ biomasu [45]. Z plodin se u nás používá na výrobu zrnová kukuřice [56]. Výhodou biopaliv je přimíchávání do klasických pohonných hmot, nehodí se však pro každý automobil [45]. Nejvýznamnějším palivem je bioetanol. Pro jeho výrobu jsou důležité kvasinky rodu *Saccharomices* [55]. K energetickým účelům se využívá škrob pšenice a tritikale [47].

Cílem této bakalářské práce na téma "Nové trendy zpracování škrobu" bylo prostudovat literaturu, internetové zdroje a vypracovat literární rešerši k dané tematice. Zahrnuty jsou alternativní možnosti využití škrobnatých surovin - výroba biopaliv, bioplastů a jejich potenciál.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ŠKROB

Škrob patří mezi fyziologicky, technologicky a ekonomicky nejvýznamnější zásobní polysacharidy v rostlinách. Vzniká jako konečný produkt při fotosyntéze [1, 15]. V zásobních orgánech rostlin se ukládá asimilací nejčastěji do semen kukuřice, pšenice nebo hlíz brambor v podobě škrobových zrn [1, 2]. Nachází se také v ovoci a zelenině [5]. Důležitou roli má ve výživě člověka. Je zdrojem energie pro všechny živočichy, vyšší rostliny a mikroorganismy [4, 5]. Velký význam pro průmyslové využití má škrob bramborový, pšeničný a kukuřičný [6].

1.1 Fyzikální vlastnosti škrobu

Je to bílý nebo slabě nažloutlý prášek bez chuti a zápachu. Není rozpustný ve studené vodě ani alkoholu [2]. V suché formě se dobře skladuje. Pokud je přesušený, snadno se stává hydrofobickým. Je-li vlhký, je živnou půdou pro rozmnožování a růst mikroorganismů. Ve studené vodě dochází k bobtnání škrobu, pomocí tzv. želatinizační teploty, děj je reverzibilní (vratný). Zahříváním škrobu s vodou dochází k mazovatění, děj je nereversibilní (nevratný) [6].

Tab. 1. Želatinizační teploty škrobu [1]

DRUH ŠKROBU	TEPLOTA BOBTNÁNÍ °C
bramborový	58 - 66
pšeničný	60 - 64
kukuřičný	62 - 70
rýžový	68 - 78

Mazovatěním dochází ke zvětšování objemu škrobového zrna, protože zrno přijímá vodu. Při mazovatění je důležitá viskozita, která závisí na poměru amylosy a amylopektinu [2].

U bramborového škrobu dochází ke snižování viskozity mazu a škrob se stává po delším odstání nestálým. Maz z pšeničného škrobu lépe ztužuje a je zakalený. Nejlépe ztužuje maz z kukuřičného škrobu. Pro škrobení natvrdo se používá rýžový škrobový maz [6].

Viskozita škrobových mazů se liší v různých průmyslových odvětvích. Např. textilní průmysl používá mazy o nízké viskozitě, oproti tomu lepidlařský průmysl využívá vysokou viskozitu [6].

U škrobového mazu stoupá viskozita s ochlazením a vzniká trojrozměrná struktura, která zadržuje vodu a vzniká pevný gel [3]. U škrobových gelů dochází k retrogradaci, která je závislá na teplotě a snižuje stravitelnost škrobu. Retrogradace má negativní vliv na konzistenci chleba a pečiva při skladování, proto se jí předchází přidáváním speciálních přísad [4].

Ze škrobových gelů se vyrábí gumové cukrovinky a klasické pudinky [7]. Na škrobový gel má vliv stárnutí. Přítomnost sacharosy snižuje pevnost a zpomaluje bobtnání škrobového gelu. Malý vliv má na škrobové gely sůl, výjimkou je bramborový škrob, který obsahuje více kyseliny fosforečné. Zvýšením pH dochází k částečné hydrolyze, při které se snižuje viskozita roztoku a pevnost gelu, ale urychluje se bobtnání [5].

Zvyšováním polymeračního stupně se zvyšuje i vaznost vody. Vaznost souvisí s rozpustností a zvyšuje síťování škrobu. Rozpustnost je důležitá pro technologické vlastnosti [7]. Lepší vlastnost budou mít škroby upravené předželatinováním škrobu, neboli předvařením škrobu a vysušením roztoku. Gel se tvoří ve studené vodě dispergováním bez zahřívání [6].

Škrobová zrna mají pod mikroskopem různou velikost, tvar a vrstvení. Kolem jádra se ukládají škrobová zrna jako sférokrytaly, které vznikají apozicí nových vrstev. Jádra mají různý počet, může být jedno, dvě i více jader. Tím rozeznáváme zrna jednoduchá a složená [16].

Škrobová zrna pro jednotlivé druhy škrobů:

- Bramborových škrob

Škrobová zrna jsou velká, mají oválný, vejčitý tvar a zřetelné rýhování. Velikost škrobových zrn je 5 - 100 μm , mají odlišnou velikost a tvar od obilných škrobů. Těžší zrna rychleji sedimentují.

- Kukuřičný škrob

Zrna jsou drobná, hranatá o velikosti 3 - 26 μm , mají zřetelné vrstvení.

- Pšeničný škrob

Má dva druhy zrn - drobná kulovitá o velikosti 2 - 7 μm , velká čočkovitá o velikosti 15 - 30 μm . Mezi těmito zrny není plynulý přechod. Vrstvení zrn je méně patrné [3, 16].

Je známo, že velká zrna mazovají rychleji [27].

U škrobu z kukuřičných a pšeničných semen činí voda nejvýše 20 %, protože jsou uloženy ve vrcholu rostliny a vstup vody je velmi pomalý [3].

1.2 Chemické vlastnosti škrobu

Škrob je po chemické stránce makromolekulární sacharid $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$. Skládá se ze dvou různých polysacharidů, amylosy a amylopektinu, a některých doprovodných látek jako jsou např. lipidy, proteiny a voda. Poměr amylosy a amylopektinu je různý dle škrobnaté suroviny [7]. Amylosa a amylopektin jsou složeny z α -D glukosy [4]. Chemické složení mají tyto polysacharidy podobné [8].

1.2.1 Amylosa

Obsah amylosy ve škrobu činí 20 - 25 % [2]. V teplé vodě se rozpouští na čirý, méně viskózní roztok. Ve studené vodě bobtná. Molekula amylosy se skládá z dlouhého lineárního řetězce D-glukopyranosy, tvořeného z 25 - 1000 glukosových jednotek spojených glykosidickou vazbou $\alpha(1\rightarrow4)$. S roztokem jodu poskytuje modré zbarvení. Molekulová hmotnost amylosy je 10^5 - 10^6 [9].

Kyselou hydrolyzou se amylosa štěpí na glukosu působením amylytických enzymů amylylas. Molekulová hmotnost klesá a vznikají nízkomolekulární dextriny, které jsou rozpustné ve vodě, ale nerozpustné v alkoholu. Dextriny vznikají také zahříváním škrobu např. při pečení chleba. Při intenzivním záhřevu mohou dextriny hnědnout a karamelizovat. Jsou obsaženy i v pivě, kde vznikly neúplnou enzymatickou hydrolyzou škrobu [15].

1.2.2 Amylopektin

Obsah amylopektinu ve škrobu zaujímá 75 - 80 % [2]. Ve studené vodě je nerozpustný, silně bobtná. V horké vodě mazovatí a tvoří viskózní roztok, který se ochlazením mění v gel. Amylopektin má nepravidelně rozvětvenou strukturu tvořenou D-glukopyranosovými jednotkami vázané $\alpha(1\rightarrow4)$ vazbou a v některých případech i vazbou $\alpha(1\rightarrow6)$. S roztokem jodu tvoří fialové zbarvení. Molekulová hmotnost se pohybuje mezi 10^6 - 10^7 [10].

Amylopektin obsahuje zpravidla větší množství vázané kyseliny fosforečné, než amylosa. Díky tomu má vysokou viskozitu amylopektinového mazu [27].

Hydrolýzou amylopektinu vznikají nízkomolekulární dextriny, maltosa a isomaltosa. Hydrolýza závisí na druhu použitých enzymů amylas [15].

Tab. 2. Poměr amylosy a amylopektinu [4].

	AMYLOSA (%)	AMYLOPEKTIN (%)
KUKUŘICE	28	72
BRAMBOR	21	79
PŠENICE	28	72

1.3 Jakost škrobu

Jakost škrobu je definována fyzikálními a chemickými požadavky.

Pro škrob bramborový jsou dány tyto požadavky:

- 1) obsah sušiny nejméně 80 %
- 2) obsah popela sušiny nejvýše 0,5 %
- 3) obsah N-látek v sušině 0,15 %
- 4) reakcí s jodem tvoří tmavomodré zbarvení

Škrob pšeničný obsahuje:

- 1) obsah sušiny nejméně 86 %
- 2) obsah popela nejvýše 0,4 %
- 3) obsah N-látek nejvýše 0,55 %
- 4) reakcí s jodem tvoří modrofialové zbarvení

U škrobu kukuřičného se sleduje:

- 1) obsah sušiny nejméně 86 %
- 2) obsah popela nejvýše 0,5 %
- 3) obsah N-látek nejvýše 1,0 %
- 4) reakcí s jodem tvoří tmavomodré zbarvení

Společným požadavkem pro všechny výše jmenované škroby je nerozpustnost ve vodě a organických rozpouštědlech [8].

2 TRADIČNÍ SUROVINY NA VÝROBU ŠKROBU

Přírodní škrob se získává ze škrobnatých surovin rostlinného původu [8]. Nejznámější suroviny na výrobu škrobu jsou brambory, pšenice a kukuřice [6].

2.1 Brambory

Brambory hlíznaté (*obr. 1*) rodu lilek, čeledi lilkovitých, pochází z Jižní Ameriky [18]. Jsou nejvýznamnější zemědělskou plodinou patřící mezi okopaniny. Pěstují se v oblastech s vyšší nadmořskou výškou [6]. Rozmnožují se převážně vegetativně (běžný způsob hlízami) nebo generativně využívané při šlechtění (semeny) [29]. S čeledí lilkovitých mají společné některé vlastnosti, např. tvorba jedovatých glykosidů a alkaloidů, které se tvoří v různém množství v jejich orgánech. Nejznámější glykosid u brambor je solanin [19]. Jeho množství přibývá klíčením a ležením na světle. Při požití brambor s větším množstvím solaninu může dojít k otravě lidí i zvířat [6].

Brambory pro výrobu škrobu jsou v České republice převážně pěstovány v krajích Vysočina (43,5 % podíl z celkové plochy), v Jihočeském kraji (28,9 % podíl) a Středočeském kraji (16 % podíl). V ostatních krajích ČR je pěstování okrajovou záležitostí. Výrobní kvóta bramborového škrobu pro Českou republiku je 33 600 tun [12].

Středně velké hlízy obsahují nejvíce škrobu v parenchymálních buňkách [9].

2.1.1 Průmyslové brambory

Obsah škrobu u průmyslových brambor je kolem 18 % v čerstvé hmotě [10]. U nás se pohybuje obsah škrobu mezi 13 - 24 %. Velký vliv na to mají klimatické podmínky, odrůda, hnojení, skladování a agrotechnika [19].

Kromě škrobu bramborové hlízy obsahují i polysacharidy - vlákninu, hemicelulózy, pektiny, hexozany a pentozany [12].

Význam pro průmyslové zpracování brambor je v obsahu škrobu a velikosti škrobových zrn [9]. Průmyslové brambory se používají ve škrobárnách a lihovarech. Hlízy musí být čisté bez hniloby, cizích pachů a nesmí být poškozeny mrazem. Každý producent bramborového škrobu má Státním zemědělským intervenčním fondem přidělenou výrobní kvótu [10].



Obr. 1 Bramborové hlízy [29]

2.2 Pšenice

Pšenice (*obr. 2*) se řadí mezi nejstarší kulturní rostliny. Pochází z jihozápadní Asie [23]. Díky různému počtu druhů, odrůd a adaptaci na počasí se může pěstovat téměř po celém světě. Největší producenti jsou Spojené státy, Čína a Rusko [33]. Pšenice pochází z rodu jednoděložných rostlin čeledi lunicovitých. Trendem je energetické využití pšenice na výrobu pšeničné biomasy jako obnovitelného zdroje energie. V průmyslu se zrno pšenice využívá jako surovina pro výrobu pšeničného škrobu, dále lihu a piva. [23].

2.2.1 Chemické složení pšeničného zrna

Chemické složení zrna významně ovlivňuje genetická dispozice (odrůda), počasí, půda, pěstební technologie, podmínky skladování a zpracování. Nejvýznamnější složkou zrna je škrob (sacharid), tvořící 60 -70 % hmotnosti pšeničného zrna [24].

Základními složkami jsou bílkoviny, které zaujímají 8 - 13 % a dají se ovlivnit agrotechnickými zásahy. Zásobní bílkovinou je gliadin a glutenin. S vodou tyto bílkoviny vytváří lepek [29].

Další složkou jsou tuky, které dodávají také energii [24]. Jejich obsah je nízký, důležité jsou nenasycené mastné kyseliny, kyselina linolová a olejová. Proto tuk podléhá oxidaci společně s kyselinou fosforečnou [29].

Bílkoviny a minerální látky slouží jako stavební materiál [24]. Z minerálních látek je nejvíce zastoupen fosfor [29]. Součástí zrna jsou i vitamíny převážně skupiny B [24], dále vitamín E a v menším množství i β -karoten [29].



Obr. 2 Pšenice a její zrna [29]

2.3 Kukuřice

Kukuřice (*obr. 3*) je jednoletá, jednoděložná rostlina z čeledi lipnicovitých. Pochází z Jižní Ameriky [33]. Řadí se mezi teplomilné rostliny, optimální teplota pro růst je 20 - 24 °C [29]. Největším producentem je USA, ale pěstuje se i v Evropě, včetně České republiky. V USA, Kanadě, Jihoafrické republice a ve Španělsku se pěstuje GM kukuřice [33].

Kukuřice se pěstuje převážně jako krmivo pro dobytek, nebo jako surovina pro zpracovatelský průmysl [33]. Asi 90 % kukuřice se pěstuje na siláž jako energetická složka krmiva pro skot a také pro tzv. dělenou sklizeň. 10 % kukuřice tvoří na zrno [29].

V kukuřičných silážích je stravitelnost škrobu vysoce variabilní a závisí na zralosti zrna při sklizni, podmínkách prostředí pro pěstování a genetice hybridu. Podle typu zrna kukuřice a zralosti při sklizni se mění poměr sklovitého a moučnatého endospermu [34].

V potravinářství se využívá jako zdroj škrobu, oleje, glukosy, fruktosového sirupu a bio-etanolu. Dále se používá na výrobu biodegradovatelných plastů a proteiny pro léčebné účely. Na výrobu škrobu a lihu se používá kukuřice škrobnatá, která má moučnaté zrno s matným povrchem [33].

2.3.1 Složení kukuřičného zrna

Ze všech obilovin má kukuřičné zrno největší energetickou hodnotu, a také velký podíl škrobu. Obsah tuku činí 5 % a obsahuje nenasycené mastné kyseliny, kyselinu linolovou a olejovou, v nepatrném množství i palmitovou a stearovou. Šrotovaná kukuřice se musí co nejdříve zpracovat, aby nedocházelo k oxidaci tuku. Kukuřice obsahuje do 10 % dusíkatých látek. Z bílkovin převažují glutenin a prolamin s nízkou biologickou hodnotou.

Obsah vlákniny, vápníku a minerálních látek je nízký. Odrůdy se žlutými zrny obsahují žluté pigmenty xantofyl a zeaxantin a beta-karoten [29].



Obr. 3 Kukuřice a její zrna [29]

Méně známé suroviny na výrobu škrobu v České republice jsou ječmen, rýže a žito.

2.4 Ječmen

Patří k nejstarším obilninám (*obr. 4*). Dostal se do Evropy z Přední Asie [36]. Ve střední Evropě se začal pěstovat asi 3 000 let př. n. l. [29]. Pochází z diploidního druhu ječmene setého. Má krátkou vegetační dobu a není náročný na klimatické ani půdní podmínky. Největším producentem ječmene je Rusko, Německo, Kanada [33]. Z agrotechnického hlediska je nenáročný [36]. Má protirakovinné a antivirové schopnosti. Uplatňuje se proti stresovým zátěžím [33]. Průmyslový ječmen se používá k výrobě lihu (whisky), škrobu, kosmetických a farmaceutických přípravků a k výrobě detergentů [29].

2.4.1 Chemické složení ječmene

Hlavní složkou ječmenného zrna je škrob [29], který tvoří 60 až 64 % hmotnosti sušiny [35]. Asi 4 % zrna tvoří hrubá vláknina. Obsah dusíkatých látek je 8 - 15 % a je jich více než v pšenici. Tuku a minerálních látek jsou 2 %. Kolem 8 % je v ječmenném zrně antinutričního polysacharidu β -glukanu [29], který snižuje cholesterol v krvi [33]. Dále se v zrně nachází vitamíny, především vitamín E, thiamin, riboflavin, pyridoxin, biotin, niacin, kyselina listová a pantotenová [37].



Obr. 4 Ječmen a jeho zrna [29]

2.5 Rýže

Rýže (*obr. 5*) se pěstovala už 5 - 3 tisíciletí před n. l. v Asii [29]. Je obilovina, která se pěstuje pro přímou konzumaci. Největšími producenty jsou Čína a Indie, kde se průměrně konzumuje 180 kg rýže na osobu za rok. Působením zvýšené teploty na zrna se mění struktura škrobu a rýže se stává kyprou a nelepí se [33]. Pěstování rýže u nás bylo jen pokusně, v současnosti se dováží. Rýžový škrob se vyrábí z polámaných a poškozených zrn [29].

2.5.1 Chemické složení rýže

Zrna rýže má nižší obsah dusíkatých látek, ale obsahuje více bílkoviny lyzinu. Dále obsahuje vlákninu, tuk, minerální látky a vitamíny skupiny B. Loupaním se odstraní aleuronová vrstva a tím klesne obsah vlákniny a vitamínů B, tuk a minerální látky [29].



Obr. 5 Loupaná zrna rýže [29]

2.6 Žito

Žito (*obr. 6*) se k nám dostalo jako osivo společně s pšenicí a ječmenem z Přední Asie. Nejstarší údaje o pěstování ale pochází z římského období [43]. Ve světové produkci žito zaujímá páté místo [36]. Zrno žita je holé a škrobnaté, má nižší výživovou hodnotu a hořkou chuť [29]. Používá se na výrobu lihu, škrobu a pečiva [36]. Žito se kříží pro experimentální pokusy. Křížením pšenice a žita vzniká hybrid triticales [34].

2.6.1 Chemické složení žita

Aleuronová vrstva je bohatá na bílkoviny jako je gliadin a gluteniny, minerální látky a vitamíny převážně skupiny B. Tuky se nachází v zárodku a hlavní živina škrob je v endospermu. Žitné zrno je bohaté na vlákninu, která se využívá při výrobě chleba [43].



Obr. 6 Zrna žita [29]

3 EXOTICKÉ SUROVINY NA VÝROBU ŠKROBU

Ve světě se kromě již uvedených surovin používají pro nás exotické suroviny pro výrobu škrobu jako je maniok, umělé ságo aj.

3.1 Maniok

Maniok (*obr. 7*) jsou hlízy keře pěstovaného v tropických oblastech Ameriky, Afriky a Asie. Je odolný vůči suchu [31]. Roste v různých podmínkách, přizpůsobuje se různým druhům půd, často roste tam, kde se jiným rostlinám nedaří [32]. Má dužnaté kořeny, které jsou 30 až 60 cm dlouhé a 10 až 12 cm široké. Váha kořene se pohybuje od 2 do 4 kg, ale maximálně může mít až 15 kg [6].

Hlízy a syrové listy obsahují kyanovodík [30]. Neopatrností může dojít k onemocnění zvané konzo, při kterém dochází k trvalému ochrnutí končetin [31].

Největší podíl tvoří sacharidy, vitamíny skupiny B, C a minerální látky jako Mg, K, Fe, Ca [30]. Dále obsahuje vodu, bílkoviny, velmi málo tuku, vlákniny, popela [6].



Obr. 7 Listy a hlíza manioku [31, 32]

3.1.1 Topioka

Jedná se o mouku, která obsahuje až 88 % škrobu. Může se uvařit v mléku nebo zeleninovém vývaru. Je dobře stravitelná, neobsahuje skoro žádné tuky ani bílkoviny a podporuje funkci jater. Je bohatá na kalorie a účinně pomáhá zvlhčovat a chránit výstelku trávicí soustavy [30].

3.2 Umělé ságo

Je náhražka pravého východoindického sága. V tropických oblastech se používá jako běžná potrava [6].

4 TRADIČNÍ TECHNOLOGIE ZÍSKÁVÁNÍ ŠKROBU

Podle surovin, ze kterých je škrob vyrobený, rozeznáváme škrob bramborový, pšeničný, kukuřičný a ostatní škroby. Přírodní škroby z takových surovin jsou bez mechanických nečistot a příměsí. Vyrábí se v podobě jemného sypkého prášku [8].

V současnosti je celosvětová produkce škrobu na světě 8 milionů tun. Kukuřičného škrobu se vyrábí 65 %, bramborového škrobu 25 %, pšeničného škrobu 5 % a rýžového 1% [6].

Bramborový škrob má v konečné fázi výroby bílou barvu, pšeničný škrob bílou s naředlým odstínem a kukuřičný škrob je bílý se žlutým odstínem. Každý škrob má svoji specifickou vůni po použité rostlině [8].

Škrobárny vyrábí průmyslovou cestou škroby nativní, které nejsou fyzikálně-chemicky upraveny. Dále deriváty škrobu (výrobky ze škrobu), upraveny fyzikálně chemickou cestou. Průmyslová výroba zahrnuje 40 % z celkové produkce škrobu [22].

4.1 Bramborový škrob

Cena průmyslových výrobců bramborového škrobu u nás vykazuje dlouhodobě pozvolný sestupný trend a to díky nižším evropským cenám, modernizace a zefektivnění výroby bramborového škrobu. V České republice jsou v současnosti čtyři závody, které zpracovávají průmyslové brambory na škrob. Největší společností je LYCKEBY AMYLEX, a.s. Horažďovice. Druhým největším závodem je Škrobárna Pelhřimov, a. s. [12].

Tab. 3 Zpracovatelské závody na výrobu bramborového škrobu [11]

Název a sídlo firmy	Kapacita zpracování brambor v t	Kapacita výroby škro- bu v t
LYCKEBY AMYLEX, a.s. Horažďovice	150 000	30 000
Škrobárny Pelhřimov, a.s.	75 0000	15 000
NATURAMYL, a.s. Hamry	20 000	4 000
Amylex Radešínská Svratka s.r.o.	10 000	2 000

Škrob se získává oddělováním škrobu od ostatních složek v bramborách. Hlízy pro výrobu bramborového škrobu musí mít nejméně 15 % škrobu, musí být čisté, zdravé, vyzrálé a střední velikosti [39].

Bramborový škrob patří mezi potravinářské výrobky. Používá se jako zahušťovadlo a plnidlo, stabilizátor emulzí, nosič vonných látek a náhrada tuků [13].

4.1.1 Výroba bramborového škrobu

Škrob se získává mechanickým způsobem, neboli vypíráním škrobu z otevřených buněk a čištěním vodou [42].

Brambory jsou transportovány pomocí plavících kanálů, které mají lapače písku, kamení a natí, do zásobníků. V pračce dochází k očištění bramborové hlízy od nečistot, které nebyly odstraněny při plavení. Z pračky brambory postupují do struháku přes násypný otvor. Ve struháku dochází k drcení brambor na třenku. Pomocí odstředivky se oddělí třenka na tuhou a tekutou část [39]. Surové škrobové mléko obsahuje škrob, vodu ze zředování, plovodovou vodu a jemnou vlákninu. Jemná vláknina se odděluje na rafinačních žejbrech, lavérech a rafinačních žlábcích pomocí odstředivek a hydrocyklonů. Sušení škrobu se provádí teplem v sušárnách, jinak by došlo ke zkáze škrobu. K předsušení se používá vakuový filtr. Sušení probíhá v proudu horkého vzduchu pouze několik sekund, zabraňuje se tak hrudkování a mazovatění škrobu. Suchý škrob se musí prosévat a poté se pytluje a expeduje [42].

Bramborové škrobárny využívají nové technologie, jako je hydrocyklonová škrobárna, která má ochuzovací a obohacovací větve. Z ochuzovací větve vystupuje vláknina a rozpustný podíl brambor. Z obohacovací větve vystupuje rafinované škrobové mléko [39].

4.2 Pšeničný škrob

Využití pšeničného škrobu jako lepidla bylo známo již na egyptských papyrech kolem roku 3 500 př. n. l., stejně tak i čínské písemnosti na škrobových materiálech. V Evropě byl znám při výrobě zásypů, pudrů a úpravě textilií [22].

Pšeničný škrob se používá jako zahušťovadlo ve směsích, kde je zapotřebí regulovaně vázat vodu, zahušťovat a disperzně stabilizovat [13].

4.2.1 Výroba pšeničného škrobu

Při výrobě pšeničného škrobu se získává pšeničný lepek. Lepek je bílkovina, která se používá v potravinářském průmyslu pro posílení slabých mouk na výrobu těstovin, jako jsou např. špagety [39].

Klasická technologie (tzv. Martinův způsob) je založená na vypírání škrobu z hustého těsta [39]. Připraví se těsto z mouky a vody v kontinuálním hnětači a nechá se odležet asi 30 minut. Poté postupuje do vypírače, kde se skrání škrobovým mlékem a vodou. Z vypíračů vystupují provazce vymytého lepku a suší se na tzv. vitální lepek [42]. Pomocí odstředivky se rafinuje surové škrobové mléko, které se dělí na škrob A, který se suší pneumaticky a na škrob B, který se používá na krmné sirupy a etanol [39].

Nové výrobní postupy pšeničného škrobu jsou založeny na dekantacním dělení řídkého těsta. Takové postupy využívá např. proces Weipro od firmy Westfalia [39].

4.3 Kukuřičný škrob

Kukuřičný škrob se dobře skladuje. Dodává finálnímu výrobku dobré vlastnosti [16]. Kukuřičný škrob se používá jako zahušťovadlo ve směsích, ve kterých je potřeba vázat vodu a prodlužovat trvanlivost. Jedná se např. o majonézy, krémy a těsta [13]. Vedlejší produkty při výrobě kukuřičného škrobu slouží pro účely konzumní, krmné a technické [16]. Závody na výrobu kukuřice používají způsoby výroby: studený (otevřený) způsob, teplý (uzavřený) způsob v kyselém nebo zásaditém prostředí a suchý způsob [39].

4.3.1 Výroba kukuřičného škrobu

Suchý způsob spočívá v tom, že se kukuřice nemáčí, ale semílá se za sucha [39].

Vyčištěná kukuřice se nejprve máčí ve vodě o teplotě 50 - 52 °C, která teče protiproudě [6]. Tím kontinuálně vedený mokrý proces úsporně využívá vodu. Čerstvá voda se přidává na jednom místě a pohybem proti směru procesu se obohacuje rozpustnou sušinou. Po máčení zrna bobtnají a měknou. Máčením se zabraňuje nežádoucí mikrobiologické aktivitě a kukuřice ztrácí nízkomolekulární látky. Nerozpustná kukuřičná bílkovina se mění a odděluje se od škrobu. Máčecí voda v poslední kádi se zahušťuje na 50 % sušiny, tzv. corn steep. Corn steep se používá buď pro krmné účely, nebo pro fermentaci [39]. Kukuřice se dopravuje na loupací mlýny, kde dochází k podrcení zrna [16]. Na tomto místě se přidává

pracovní voda. Na sítích se oddělují klíčky od zbytků škrobu a glutenu. Klíčky se zpracovávají vysušením nebo se lisují a extrahují na olej. Šrot je dále drcen a dochází k otevření škrobových buněk endospermu. V horním odtoku po opakovaném drcení se oddělují zbylé klíčky a získává se škrobové mléko. Spodní odtok obsahuje těžší složky kukuřičného zrna jako je škrob, gluten, vláknina, rozpustné látky kukuřice a zbytky endospermu. Spodní odtok se rozemílá a na sítích se odděluje škrobové mléko s jemnou vlákninou, glutenem a na sítě zůstávají slupky a endosperm [39]. Dalším mletím zůstává na sítě hrubá vláknina. Dochází k rafinaci škrobového mléka s glutenem. Škrob se odděluje na odstředivkách od tekutého bílkovinného podílu. Zbylá voda se ze škrobu odstraní sušením. Mezi vedlejší produkty při výrově škrobu patří gluten, vláknina, výlisky, slupky a dodávají se do zemědělských závodů ke krmení [6].

5 NETRADIČNÍ TECHNOLOGIE ZÍSKÁVÁNÍ ŠKROBU

Škrob se získává převážně v zahraničí i z jiných obilovin, jako ječmen, rýže, žito [6].

5.1 Ječmenný škrob

Získává se alkalickým způsobem z ječmenné mouky pomocí např. 0,4 % roztoku Na_2SiO_4 . Rafinované škrobové mléko získané při výrobě škrobu se používá na škrobové hydrolyzáty [6].

5.2 Rýžový škrob

Rýžový škrob má složená zrna [27]. Na jeho výrobu se používá škrob z rýžových obilek, který je drobnější než kukuřičný a zrníčka jsou k sobě více shluklá. Použitím hydroxidu sodného dojde k uvolnění zrníček. Pro výrobu se používají zlomové a odpadní rýže. Nejprve se rýže máčí v louhové vodě a pak rozemílá se zředěným přídavkem louhu. Od surového škrobového mléka se odstraní nečistoty vypíráním na rafinačních žebrech a louh na odstředivkách nebo usazováním. Poslední operací je sušení škrobu v sušárnách [6].

Používá se jako zahušťovací složka antirefluxního mléka [25] a ke ztužování textilií. V kosmetickém průmyslu je součástí pudrů [6]. Může být použitý také jako částečná náhrada mléčného tuku ve zmrzlinách, zmrazených jogurtech, pudincích a dalších mléčných dezertech [26].

5.3 Žitný škrob

Zrna žitná jsou jednoduchá, z pohledu shora kulatá, ze strany čočkovitá [27]. Žitná mouka se promíchává se zředěnou kyselinou siřičitou nebo bisulfitem při teplotě 30 až 35 °C do získání maximálně pH 6,5. V odlučovači se oddělí škrob od lepkové (glutenové) vody. Škrob se dále pere v lavérech a čistí na sítích. Poslední úpravou je sedimentace a sušení [6]. Žitný škrob se podle finských vědců tráví pomaleji než pšeničný škrob [28].

V tropech a subtropích se na výrobu škrobu používají některé exotické rostliny- maniok, batáty, sága [6].

5.4 Maniokový škrob

Škrob se získává z kořenů manioku obecného.

Nečistý maniokový škrob se nazývá kassave. Výhodou zpracování maniokových kořenů je vysoký výnos (60 - 70 t/ha) při vysokém obsahu škrobu (27 - 40 %) a malém množství vlákniny. Škrobová zrna jsou velká 5 - 35 μ m [6].

Škrob se získává po oloupaní, umytí a nastrohání kořenů [32]. Vyrábí se pomocí koncentrovaného SO₂ [6]. Vláknitá hmota se zcedí a získává se škrob, který se čistí usazením nebo odstředěním. Dále se suší a mele na jemný prášek [32]. Upravený maniokový škrob se nazývá tapioka [6].

Maniokový škrob se používá při výrobě textilu, chleba a při výrobě fruktózového sirupu. Je surovinou pro dextriny potřebné při výrobě klišů. Mouka z manioku má význam v pivovarnictví jako doplněk. Po alkoholovém kvašení manioku se z něj destiluje alkohol. Po přidání bakterií octového kvašení (*Acetobacter* spp.) po předešlém zakvašení uvařeného manioku rýžovými kvasnicemi a enzymu celulasa, se získává maniokový ocet [32].

5.5 Batátový škrob

Získává se z hlíz povijnice jedlé. Vyrábí se podobně, jako škrob bramborový.

Díky tomu, že jsou batáty nenáročné rostliny s vysokými výnosy škrobu, může se vyskytnout konkurence s bramborovým škrobem [6].

5.6 Ságový škrob

Vyrábí se z běžných druhů škrobu jako je bramborový nebo maniokový. Škrob se zpracuje do forem drobných kuliček. V sušárně se dosuší, možno i mírně upražit. Prodávají se jako závar do polévek [6].

6 VÝROBKY ZE ŠKROBU

Výrobky z nativního škrobu lze rozdělit do tří hlavních skupin:

1. Sladidla pro cukrovinky, pivo, zmrzliny, pekařské výrobky, nealkoholické nápoje, džemy a marmelády
2. Výrobky ze škrobu pro potravinářský průmysl (mléčný průmysl, masné výrobky, kojená výživa, polévky, dresinky, cukrovinky, omáčky)
3. Výrobky ze škrobu pro průmysl papírenský, textilní, naftařský [39].

6.1 Modifikované škroby

Jedná se o výrobky ze škrobu, které mají zachovanou alespoň jednu původní charakteristickou vlastnost. Modifikační proces chce původní vlastnost zvýraznit (viskozitu, želírující schopnost, schopnost vázat vodu) a jiné potlačit [3]. Pro přípravu se používají úpravy, kdy výsledný produkt zůstává ještě podobný škrobu. Na výrobu se používají fyzikální, chemické nebo kombinované zásahy. Chemickou cestou lze získat degradované škroby nebo oxidované škroby, pomocí enzymů za vzniku maltodextrinů. Fyzikální cestou se získávají termicky upravené a extrudované škroby [6].

6.2 Dextriny

Dextrin je výsledný produkt tepelně - chemického zpracování škrobu [13]. Tvoří přechod mezi modifikovanými škroby a škrobovými hydrolyzáty [6].

6.2.1 Dextriny v technickém odvětví

Technické dextriny se získávají zahříváním - pražením škrobu za sucha, tzv. dextrinací [6]. Teploty pražení jsou 125 - 180 °C. Škrob se impregnuje anorganickými kyselinami HCl a HNO₃. Dochází k degradaci škrobové molekuly a odštěpení vody glukosových jednotek [3]. Dělení dextrinů je podle barvy bílé a žluté [6]. Bílé dextriny jsou méně degradované, rozpouštějí se ve vodě za studena. Dextriny žluté mají stoprocentní rozpustnost a závisí na viskozitě dextrinového roztoku. Dextrin se více odbourává se snižující se viskozitou dextrinového roztoku [13].

V technickém odvětví se dextriny používají hlavně na výrobu lepidel. V současné době je u nás více jak 20 druhů suchých a tekutých dextrinových lepidel [6]. Lepidla jsou komerční výrobky (tekuté) nebo lepidla konečným uživatelům, kteří zpracovávají papír a lepenku [13]. Využívají se také samostatně jako roztok nebo v kombinaci s pomocnými prostředky. Ve slévárenství se žlutý dextrin používá jako pojivo bentonitových formovacích směsí pro zlepšení plastičnosti. Další uplatnění dextriny nachází jako zahušťovací prostředek barev, nátěrových směsí na vodní bázi, v textilním průmyslu jako úprava tkanin a při výrobě zápa-
lek, brusných kotoučů a žáruvzdorné keramiky [13].

6.2.2 Dextriny v potravinářském průmyslu

V potravinářství se dextriny využívají do potahovaných výrobků a polotovarů, do pekařských výrobků jako náhrada tuku, do plev a náplní [6].

Dextriny snižují ztráty ochucovaných obalovaných výrobků při restování na oleji. Směs na bázi dextrinů se rozpustí ve vodě a aplikuje na potravinu před smažením. Toho se využívá u krocket a hranolek. Základ směsi je pšeničná mouka s bramborovým modifikovaným škrobem, dextrinem a rýžovou moukou. Výrobek má pak křupavý povrch a dochází k lepšímu přilnutí koření na povrchu.

Směsi mají uplatnění i na povrchu ovoce, kde brání proti vlhkosti a u skořápek vajec, aby nevysychaly.

Velkou budoucnost mají před sebou sprejově sušené dobře smáčitelné sojové bílkoviny [13].

6.3 Hydrolyzáty škrobu

Do této skupiny se řadí většina výrobků ze škrobu, mají společné vlastnosti. Jedná se o úplnou hydrolyzu škrobové molekuly. Patří sem většina druhů sirupů, které mají nižší dextriny. Vyrábí se kyselou nebo enzymovou hydrolyzou [6]. Stupeň hydrolyzy škrobu se určuje dextrózovým ekvivalentem [8].

V posledních letech jsou nejvýznamnější dovozní položkou v České republice glukózové sirupy. V roce 2008 se jich dovezlo přes 28 tisíc tun a jejich vývoz činí devítinu z dováženého množství [8].

- Kyselá hydrolyza

Ovlivňuje ji jakost a druh škrobu, druh a koncentrace použité kyseliny, teplota a doba působení. Nejprve se rozruší vazby mezi amylosou a amylopektinem a dojde k mazovatění [6]. Dále se štěpí α -(1-4) a β -(1-6) vazby pomocí 0,2 % roztoku kyseliny chlorovodíkové při teplotě 120 - 150 °C. Provede se neutralizace sodou na pH 4,5 - 4,7. Vzniká glukosa a glukosový sirup, které se rafinují [40].

- Enzymová hydrolyza

Ke štěpení škrobu se využívají amylasy [6]. Upravuje se pH vápenatými kationty. Zcukření se provede během 10 až 90 minut při teplotě až 120 °C. Další zcukření může trvat až 96 hodin. Důležitá je pasterace a rafinace, která se provádí na závěr. Dochází ke vzniku fruktosových sirupů a cyklodextrinů [40].

7 NOVÉ TRENDY VE ZPRACOVÁNÍ ŠKROBU

Výroba škrobu a jeho použití má dlouhou historii [22]. Škrob byl v minulosti nahrazován syntetickými materiály. V dnešní době se objevují jeho přednosti, výhody a nové racionální využití. Nové technologie lze splnit zásahem do škrobové struktury. Vznikají tak modifikované škroby, které nachází uplatnění v různých průmyslových odvětvích [38].

V České republice je tradiční nepotravinářské využití škrobu a plochy určené k tomuto pěstování škrobových plodin pravidelně stoupají od roku 2000 [49].

Škrob je výchozí surovinou rozsáhlé průmyslové výroby, která využívá 40 % celkové produkce [22]. Má široké uplatnění ve výrobě potravin i v technické praxi. Škroby s vysokým obsahem amylopektinu jsou vhodné na výrobu papíru, piva, těstovin a mražených potravin. Vysoký podíl amylosy je vhodný na výrobu funkčních potravin na bázi zdraví prospěšného rezistentního škrobu, na použití v cukrářství a na výrobu fotografických filmů [47].

Předpokládá se, že výroba škrobu z obilovin a brambor se bude dále zdokonalovat. Ze škrobu a ostatních škrobnatých surovin pak mohou vznikat průmyslové výrobky jako biodegradabilní obaly, nebo paliva pro motorová vozidla jako je etanol a bionafta [52].

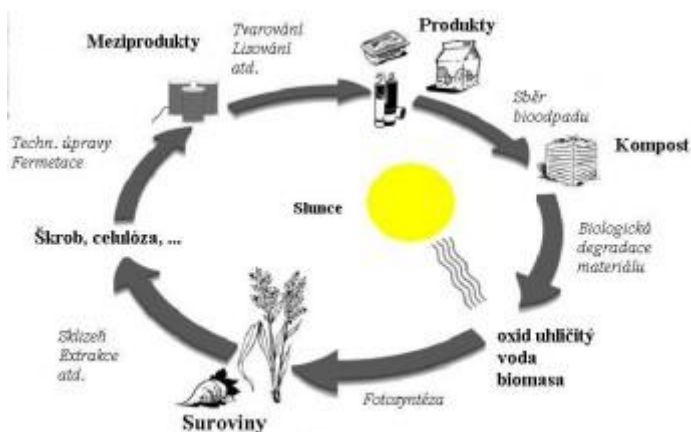
7.1 BIOPLASTY

Získávají se z obnovitelných zdrojů a jsou ekologicky nezávadné. V přírodě se rozloží působením mikroorganismů na CO₂, který je využit rostlinami pomocí fotosyntézy. Nezatěžují tedy životní prostředí. Bioplasty by mohly začít konkurovat konvenčním plastům vyráběným z ropy. Světový nárůst produkce bioplastů má téměř exponenciální charakter, jak ukazuje Tab. 4 [53].

Tab. 4 Světová produkce bioplastu [53]

ROK	SVĚTOVÁ PRODUKCE BIOPLASTU [t]
1990	450
1995	13 200
2000	26 000
2005	550 000

I přesto, že mají bioplasty velkou rozmanitost, společným znakem je výrobní schéma uvedené na obr. 8. Vstupní surovina je rostlina, ze které se po sklizni vyrábí produkt. Tento produkt se časem přemění na kompost a opět slouží k růstu dalším rostlinám. Takový koloběh se dá přirovnat k recyklaci [53].



Obr. 8 Recyklační kruh [53]

7.1.1 Plasty odvozené od škrobu

Nejdůležitějšími skupinami bioplastů v současné době jsou plasty odvozené od škrobu, které mají 80 % podílu na trhu. Vyrábí se přidáním aditiv- plastifikátorů (sorbitol, glycerin) k čistému škrobu. Získá se tak škrobový termoplast, jehož vlastnosti jsou ovlivnitelné přidáním aditiv [53].

Využití škrobu pro výrobu bioplastu je aplikace s degradovatelnými konvenčními polymery jako jsou polyestery, polyesteramidy, polyesteruretany nebo polyvinylalkoholy. Vytváří materiál, který je z jedné strany tvořen hydrofilním škrobem a z druhé strany hydrofobním polymerem. Vznikají tak vodě odolné biodegradovatelné fólie [53].

Potřeba biodegradovatelných plastů v České republice vyplývá především z požadavku odpadového hospodářství, kde do sáčků a tašek z těchto hmot bude sbírán v domácnostech separovaný bioodpad a následně kompostován. V současné době se ještě granulát škrobného kopolymerizátu dováží z Itálie, ale připravuje se již česká produkce [49].

Další uplatnění škrobu je jako kopolymer zejména s polyetylenem nebo polypropylenem [49]. Kopolymer je plastická hmota, přidává se do termoplastů, ochlazením tuhne a následným teplem se stává opět plastickou hmotou. Na trhu se můžeme setkat s polyakrylonitrilem, který může zvětšit svůj objem vodou až stonásobně. Slouží k výrobě kontejnerů na pěstování sazenic a k obalování osiv [22].

Škrobové bioplasty se vyrábí nejčastěji z kukuřičného škrobu, ale i obilného. Má to ale jednu nevýhodu jako u paliv a to, že pochází z rostlin k obživě lidí a může tím nastat dramatický nárůst cen potravin [53].

Už dnes můžeme pozorovat vzrůst cen potravin, který je z velké části způsoben zavedením a rozšířením biopaliv. Co teprve až se ke všemu přidají bioplasty. Někteří výrobci se pokouší vyrábět bioplasty ze surovin, které s lidskými potravinovými zdroji nekonkurují. Problém, vyřešila nizozemská firma Rodenburg Biopolymers, která vyrábí biopolymer obchodovaný pod komerčním názvem Solanyl. Materiál se vyrábí z bramborového odpadu vzniklého při výrobě krmiv pro hospodářská zvířata [53].

V Evropě se nachází většina firem zabývajících se produkcí škrobových bioplastů, jak ukazuje *obr 9*. [53]



Obr. 9 Firmy vyrábějící bioplast [53]

Z přírodního práškového škrobu se vyrábí lisováním obaly na potraviny (tácky, pohárky aj.). V Americe bylo použito škrobu k výrobě plastů na sendviče jako náhrada doposud používaných polystyrenových „lastur“ [22]. Tyto nové obaly jsou vyrobeny z vlákniny pšeničného stébla a ze škrobu pšeničného zrna. Výsledný produkt na bázi škrobové pěny s

mechanickými a tepelnými vlastnostmi je srovnatelný s polystyrenem. Obaly na bázi pšeničného škrobu jsou plně biodegradovatelné. Výroba pšeničných obalů se podobá výrobě oplátek. Extrahovaný pšeničný škrob se vmíchává do suspenze vody a rozmělněných stébel. Získané řídké těsto se vylíje do formy a upeče. Vlákna slouží jako izolační náplň a škrob jako lepidlo. V Americe se začaly používat i biodegradovatelné obaly na potraviny z bramborového škrobu [51].

7.1.2 Bioplast "PLA"

Jedná se o polymer mléčné kyseliny, který se pravděpodobně v blízké době masově uchytí. Vstupní surovinou pro jeho výrobu jsou rostliny produkující škrob, nejčastěji kukuřice. Škrob se z rostlin vyextrahuje a rozštěpí se na své stavební jednotky - molekuly glukosy. Glukosa se pak mění bakteriemi mléčného kvašení na kyselinu mléčnou. Dochází k polymeraci kyseliny mléčné a vzniká požadovaný polymer.

Výhodou "PLA" na *obr. 10* je průhlednost, kterou spotřebitel žádá. V blízké době nahradí PET lahve, které tvoří velkou část pevného odpadu [54]. Ověřuje se i náhrada PET lahví škrobovým ekvivalentem [22].



Obr. 10 PLA lahve [54]

"PLA" se využívá ve formě obalových materiálů pro potraviny nebo jiné výrobky s krátkou dobou životnosti. Používají se i jako kelímky na pití nebo na jogurty, průhledné obalové fólie, misky na ovoce, zeleninu, maso [54].

Ze škrobového bioplastu se také vyrábějí speciální plastové výrobky na *obr. 11*, které jsou ušity na míru konkrétním výrobkům jako balící fólie, různé tašky a pytle, plastové přístroje aj. [53].



Obr. 11 Plastové výrobky [22]

Ověřuje se i výroba biologicky odbouratelné mulčovací fólie z kukuřičného škrobu. Po použití se vracejí do koloběhu živin v půdě a nezatěžují životní prostředí jako dosavadní plasty, které se dlouho rozkládají [22].

Doba rozkladu kelímku na obr. 12 se reguluje přidavkem L a D isomerů mléčné kyseliny v polymeru. Díky tomu se nestane, že kelímek se rozpadne dřív, než se zkazí jogurt [54].



Obr. 12 Průběh rozkladu PLA kelímku [54]

Důležitou vlastností "PLA" je dobrá snášenlivost v lidském těle - biokompatibilita. To se využívá především v medicíně na výrobu samovstřebatelných nití a implantátů [54].

7.1.3 Polyhydroxylakanoáty "PHA"

Jsou to polymery mikrobiálního původu, které měly nahradit konvenční plasty, ale k tomu nikdy nedošlo. Používají se jako biodegradabilní materiál.

Americká firma Metabilox využívá na výrobu mikrobiální fermentaci (geneticky upravené bakterie *Escherichia coli*), také transgenní rostliny, které nejsou součástí lidského potravi-

nového řetězce. Technologií se vyrábí plast, jehož extrakcí se zbylá biomasa použije k výrobě biopaliva [54].

Škrob se dá také využít na výrobu cédeček, jehož podložka pod zapisovatelnou částí média je vyrobena ze škrobového plastu. Nebo se škrob stává součástí při výrobě pneumatik atd. Řada technologií je už propracována a část výrobků je k dostání i na trhu (spíše v zahraničí). Důvodem je vyšší cena, která odrazuje zákazníky. Kvůli tomu se firmám nevyplatí investovat do drahých technologií a nízký objem výroby pak opět prodražuje konkrétní produkt [22].

7.1.4 Co přinese budoucnost?

Velký problém by mohl nastat v konkurenci materiálového a potravinářského průmyslu o suroviny. Vedlo by to ke zdražení plastů a potravin. Budoucnost patří technologiím, které obejdou potravinový řetězec nebo se ho dotknou co nejméně. Otázkou jsou i rostliny, které by se musely modifikovat i přes odpor velké veřejnosti a ekologických organizací. GM rostliny mají vyšší efektivitu zemědělské výroby. Výsledkem by bylo snížení drahých ekologických odpadů [54].

7.2 BIOPALIVA

Z ekologického hlediska Bílá kniha požaduje, aby se závislost na ropě (v současné době 98 %) v odvětví dopravy snížila použitím alternativních pohonných hmot, jako jsou např. biopaliva [45]. „Biopalivem“ se rozumí kapalná nebo plynná pohonná hmota pro dopravu vyráběná z biomasy [46]. Výhodou biopaliv je jejich uhlíková neutralita. Spalováním paliv vzniká CO_2 , který rostliny znovu „zabudují“ do biomasy, takže teoreticky by neměl vznikat přebytečný skleníkový plyn CO_2 [55].

S rostoucí cenou ropy a zemního plynu se biopaliva stávají zdrojem energie. Všechny biopaliva mají společný původ a tím je biomasa [55]. „Biomasa“ je výsledek biologického rozkladu produktů, odpadů a zbytků ze zemědělství (včetně rostlinných a živočišných látek), z lesnictví a s nimi příbuzných průmyslových oborů, jakož i výsledek biologického rozkladu průmyslových a městských odpadů [46]. Výhodou biomasy je její obnovitelnost [55].

Odvětví dopravy představuje více než 30 % konečné spotřeby energie ve Společenství. Spotřeba se stále zvyšuje. Komise v Zelené knize „K evropské strategii bezpečnosti zásobování energií“ stanovila za cíl nahrazení 20 % tradičních pohonných hmot náhradními palivy v oboru silniční dopravy do roku 2020. Nové typy pohonných hmot by měly vyhovovat uznávaným technickým normám, pokud je mají spotřebitelé i výrobci automobilů přijímat ve větší míře, a mají tedy být schopné proniknout na trh [46]. Podíl biopaliva v benzínu u nás činí 5,75 % [44].

Pro výrobu biopaliv v našich podmínkách se používá zrnová kukuřice a cukrová řepa [44]. U obilí je problém v ekonomice, respektive ve vysokých cenách suroviny. Když se stavěly první biolihovary, tak obilí stálo necelých 3.000 Kč tuna. Nyní, až se biolihovary postavily, tak je cena obilí více než dvojnásobná, přičemž klesat nijak nebude. Východiskem jsou technologie výroby biopaliv druhé generace, které budou využívat ligno-celulózu [50].

Postupně dochází ke zvýšení přimíchávání bioložek do benzínu a nafty. Velkou výhodou biopaliv právě je, že se dají přimíchávat do klasických pohonných hmot. Nevýhodou je, že biopalivových směsí je hodně a pro různé automobily se hodí různý obsah biosložek. Pro vznětové motory je určená směsná motorová nafta (SMN 30), čistá bionafta a palivo E95, obsahující 95 % biolihu. Alternativou benzínu je zase pomalu rozšiřující se biopalivo E85 (85 % biolihu) [45].

Zvýšená spotřeba biopaliv v dopravě znamená snížení závislosti na dovozu energií a ke snížení emisí skleníkových plynů [46].

U paliva E85 lze názorně sledovat, jak se na rozdíl od zemního plynu relativně snadno rozšiřuje na stojany čerpacích stanic. Jeho výroba začala v Dobrovicích teprve před rokem a v létě začala E85 nabízet první čerpací stanice v Česku. V listopadu 2009 biopalivo nabízelo už 7 čerpacích stanic a do konce roku by jej mělo nabízet 26 čerpacích stanic a příští rok by jich mělo být minimálně 50 [45].

Momentálně v Česku jezdí jen několik desítek tzv. flexibilních aut, které jsou schopné splaovat E85. Flexibilní automobily nabízejí zhruba 4 automobilky včetně Škodovky. Spousta motoristů však tankuje E8E do neupravených automobilů tak, že biopalivo přidávají do benzínu v poměru 1:1 a pochvalují si vyšší výkon levnějšího paliva a lepší chod

motoru na úkor vyšší spotřeby. Riziko poškození motoru a palivové soustavy však u neupravených vozů existuje [45].

Biopaliva zahrnují chemické látky nebo směsi, a některé z nich již našly své uplatnění v praxi. Nejznámějšími biopalivy jsou bionafta, bioetanol a bioplyn - tvoří první generaci biopaliv [55].

7.2.1 Bioetanol

Pro výrobu bioetanolu jsou důležité kvasinky rodu *Sacharomices* [44]. Pokud rostlina obsahuje cukry ve formě škrobu nebo jiných polysacharidů, musí se použít enzymy na rozštěpení složitých cukrů. Nastává destilace etanolu a dá se použít jako palivo [54]. Důležitým faktorem určujícím vhodnost druhu obiloviny pro výrobu etanolu je obsah škrobu a bílkovin: v zrně bílkoviny max. 11 %, škrob v sušině zrna min. 65 % [44].

Pro energetické účely se využívá škrob z pšenice a tritikale [47].

Ze screeningu genotypů pšenice a tritikale vyplynulo:

- odrůdy ozimého ječmene nemají dostatečně vysoký obsah škrobu v zrně, který by umožňoval vysokou konverzi tohoto polysacharidu na zkvasitelné cukry a následně na etanol
- obdobně u sortimentu žita, s výjimkou hybridního žita Marder, nepřesahuje obsah škrobu v zrně 65 %, tj. hranici pro úspěšné použití na výrobu etanolu
- tritikale mají více než 65 % škrobu a jsou perspektivní pro další využití, u ozimé pšenice Alka, Stella, Boka, Bruneta, Rezka, Torysa a Trane byl nalezen nejvyšší obsah škrobu ze všech sledovaných odrůd (přes 69 %) a průměrný obsah škrobu 67 % [44].

Bioetanol se používá v čisté formě nebo smíchaný s minerálními palivy v koncentraci 5 - 10 %. Přídavkem etanolu vzroste oktanové číslo benzínu a sníží se množství emisí CO₂ [54].

Přesto, že hlavní levné zdroje škrobnatých surovin pro výrobu a užití bioetanolu v pohonných hmotách jsou v Severní a Jižní Americe (kukuřice, cukrová třtina) existují i v Evropě provozní aplikace bioetanolu ve vznětových motorech. Důvodem k jeho uplatnění je velmi příznivé složení emisí, zejména snížení kouřivosti [44].

7.2.2 Co přinese budoucnost?

Výhodou biopaliv je tedy snížená závislost na ropě a snížení emisí a kouřivosti. Nevýhodou je rychlé zdražení potravin za posledních 30 let a špatná ekologická šetrnost [54].

ZÁVĚR

Škrob je bílý nebo slabě nažloutlý prášek, nerozpustný ve studené vodě a organických rozpouštědlech. Patří mezi zásobní polysacharid rostlin, vznikající fotosyntézou. Skládá se ze dvou různých složek - amylosy, která tvoří dlouhý rovný řetězec a amylopektinu, který má rozvětvený řetězec.

Ukládá se nejčastěji do bramborových hlíz nebo pšeničných a kukuřičných semen v podobě škrobových zrn. Velikost, tvar a vrstvení zrn je charakteristické pro každou rostlinu.

Hlavní plodiny poskytující škrob jsou brambory, pšenice a kukuřice. Méně známé suroviny na výrobu škrobu v České republice jsou ječmen, rýže a žito. Ve světě se kromě již uvedených surovin používají exotické suroviny jako je maniok, umělé ságo aj.

Rozeznáváme škrob bramborový, pšeničný a kukuřičný. U nás převažuje výroba pšeničného škrobu a poklesla výroba bramborového škrobu. V posledních letech se v České republice surovinová základna ani technologie získávání škrobu nijak významně nemění.

V současné době je celosvětová produkce škrobu na světě 8 mil. tun. Kukuřičného škrobu se vyrábí 65 %, bramborového škrobu 25 %, pšeničného škrobu 5 % a rýžového 1%.

Mezi nejznámější výrobky škrobu se řadí modifikované škroby, deriváty škrobu a hydrolyzáty škrobu.

Škrob se v minulosti nahrazoval syntetickými materiály. Dnes se objevují jeho přednosti, výhody a nové racionální využití. Uplatňuje se ve výrobě potravin i v technické praxi. V České republice je tradiční nepotravinářské využití škrobu na výrobu bioplastů a biopaliv.

Bioplasty se vyrábí z obnovitelných zdrojů a snadno se v přírodě rozkládají. Nejznámější jsou plasty odvozené od škrobu, které se vyrábí přidávkem aditiv jako např. sorbitol. Škrobové bioplasty se vyrábí nejčastěji z kukuřičného škrobu, ale i obilného.

Bioplast "PLA" je polymer mléčné kyseliny, který se pravděpodobně v blízké době masově uchytí. Na jeho výrobu se používá kukuřice. Brzy nahradí PET lahve, které tvoří velkou část pevného odpadu. Výhodou je jeho průhlednost. Využívá se také v medicíně, kde se používá na výrobu samovstřebatelných nití.

Polyhydroxylakanoáty "PHA" jsou polymery mikrobiálního původu, které by měly nahradit konvenční plasty, ale používají se jako biodegradabilní materiál.

Biopaliva jsou kapalné nebo plynné pohonné hmoty pro dopravu, vyráběné z biomasy. Výhodou biomasy je její obnovitelnost. V našich podmínkách se pro výrobu biopaliv používá zrnová kukuřice. Nejznámějším biopalivem je bioetanol. Důvodem k jeho uplatnění je velmi příznivé složení emisí, zejména snížení kouřivosti.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] DAVÍDEK, J., JANÍČEK, G., POKORNÝ, J. *Chemie potravin*. SNTL - Nakladatelství technické literatury. Praha: 1983. 632 s. ISBN 04-815-83.
- [2] BROWN, W. H., POON, T. *Introduction to organic chemistry*. Wiley: 2005. ISBN 0-471-44451-0.
- [3] MOUDRY, Škrob. [online]. [2010-03-23]. Dostupné na WWW:
<http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/databaze/Skrob.htm>
- [4] VIDIC, B., VUKUŠIĆ, T. *Vliv vysoké intenzity ultrazvuku na reologické, termofyzikální a texturní vlastnosti škrobu a pšenice*. [online]. [2010-04-23]. Dostupné na WWW:
http://scholar.google.cz/scholar?start=160&q=%C5%A1krob&hl=cs&as_sdt=2000
- [5] MACHOVIČ, M., JANEČEK, Š. *Bioinformatická analýza škrob*. [online]. [2010-04-23]. Dostupné na WWW:
http://fpv.ucm.sk/katedry/biotechnolog/journal_nova_biotechnologica/revue_nova_biotechnologica_4_1/08_Machovic.pdf
- [6] ZELENKA, S., ČURDA, K., BOHAČENKO, I. *Technologie krmiv a škrobu*. Nakladatelství technické literatury, n. p., Praha: 1983. 285 s.
- [7] KODET, J., ŠTĚRBA S., ŠLECHTA, L. *Modifikované škroby*. Praha: 1982, 167 s.
- [8] SZPI, *Vyhlaška škrob*. [online]. [2010-04-23]. Dostupné na WWW:
<http://www.szpi.gov.cz/docDetail.aspx?docid=1007464&docType=ART&nid=11307>
- [9] HRABĚ, J., KOMÁR, A. *Technologie, zbožíznalství a hygiena potravin, III. část - Technologie, zbožíznalství a hygiena potravin rostlinného původu*, 1. vyd. Vyškov: 2003. 168 s. ISBN 80-7231-107-7.
- [10] PRUGAR., J. a kol. *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí*. Praha: 327 s. ISBN 978-80-86576-28-2
- [11] MZe, *Situační a výhledová zpráva brambory*. [online]. [2010-03-23]. Dostupné na WWW: http://eagri.cz/public/eagri/file/2839/SVZ_brambory__duben_2009.pdf
- [12] FYTOMASA, *Brambory*. [online]. [2010-05-02]. Dostupné na WWW:
<http://www.fytomasa.cz/cz/page/156/brambory.html>
- [13] LYCKEBY, *Škrob*. [online]. [2010-03-11]. Dostupné na WWW:
<http://www.lyckeby.cz/cz/skrob/produkty/32>
- [14] GRODA, B. *Technika zpracování zemědělských produktů*, Brno: 1993, 237 s. ISBN 80-7157-075-3

- [15] ŠÍCHO, V. *Potravinářská biochemie*. Nakladatelství technické literatury, Praha: 1969, ISBN 04-801-69
- [16] DUDÁŠ, F. a kol. *Skladování a zpracování rostlinných výrobků*, Praha: 1981, 07-083-81
- [17] JŮZL, M. a kol. *Rostlinná výroba - III*. 1. vyd. Brno: MZLU, 2000. 232 s. ISBN 80-7157-4446-5
- [18] HRUŠKA, L. *Brambory*. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1974. 416 s.
- [19] RYBÁČEK, V. a kol. *Brambory*. 1. vyd. Praha: SZN, 1988. 360 s.
- [20] ZDRAVÁ VÝŽIVA, *Brambory-bramborový poklad*. [online]. [2010-02-02]. Dostupné na WWW: <http://www.zdrava-vyziva.net/brambory.php>
- [21] KNIHOVNIČKA RECEPTY, *To nejlepší z brambor*. [online]. [2010-05-01]. Dostupné na WWW: http://www.e-knihovnicka.cz/nej/06_brambo/04-05.htm
- [22] KONVALINA, P. *Škrob - od lepidel po cédéčka*. Ekolist. Praha: 2006
- [23] ENCYKLOPEDIIE DIVOCH, *Pšenice*. [online]. [2010-01-22]. Dostupné na WWW: <http://encyklopedie.divoch.info/cs/P%C5%A1enice>
- [24] SKYLAS, D.J., VAN DYK, D., WRIGLEY, C.W. *Proteomics of wheat grain*. *J. Cereal Sci.*, 2004
- [25] EDUKAFARM, *Kukuřičný škrob v antirefluxních kojeneckých formulacích*. [online]. [2010-01-13]. Dostupné na WWW: http://www.inpharm.cz/files/32/skrob_AR.pdf
- [26] BEZLEPKOVA DIETA, *Zmrzlina s rýžovým škrobem*. [online]. [2010-01-17]. Dostupné na WWW: <http://www.bezlepkovadieta.cz/roslinneho-puvodu/1001-3/zmrzlina-s-ryzovym-skrobem>
- [27] HAMPL, J. *Cereální chemie a technologie I*, VŠCHT PRAHA, vydání 2., 1988, 241 s.
- [28] MAGAZÍN ZDRAVÍ, *Žitný chléb má budoucnost i pro Vás*. [online]. [2010-03-18]. Dostupné na WWW: <http://www.magazinzdravi.cz/zitny-chleb-ma-budoucnost-i-pro-vas>
- [29] TICHÁ, M., VYZÍNOVÁ, P. *Polní plodiny*. Brno: 2006. 41 s.
- [30] MAGAZÍN ZDRAVÍ, *Maniok*. [online]. [2010-03-18]. Dostupné na WWW: <http://www.magazinzdravi.cz/maniok>
- [31] VTM, *Maniok je jedovatější*. [online]. [2010-03-18]. Dostupné na WWW: <http://www.vtm.cz/aktuality/maniok-je-jedovatejsi>
- [32] FOOD INFO, *Maniok*. [online]. [2010-03-18]. Dostupné na WWW: <http://www.food-info.net/cz/products/rt/cassava.htm>

- [33] KOPÁČOVÁ, O. *Trendy ve zpracování cereálií s přihlédnutím zejména k celozrnným výrobkům*. 1. část. UZPI. Praha: 2006. 35 s.
- [34] KOLÁŘOVÁ, P. *Kukuřičné listy*. Zpravodaj pro pěstitele krmných plodin, VP AGRO, CRS-Marketing. číslo 2., 2007
- [35] FERENČÍK, M., ŠKÁRKA, B., NOVÁK, M., TURECKÝ, L. *Biochémiá*. Slovak Academic Press, Bratislava: 2000, 927 s.
- [36] ŠPALDON, E. *Rastlinná výroba*. Bratislava: 1989. 628 s.
- [37] VOJTAŠŠÁKOVÁ, A., KOVÁČIKOVÁ, E., SIMONOVÁ, E., HOLČÍKOVÁ, K. *Obilniny a strukoviny*. VÚP. Bratislava: 1999. 268 s.
- [38] PELIKÁN, M., SÁKOVÁ, L. *Jakost a zpracování rostlinných produktů*. České Budějovice, 2001
- [39] HRABĚ, J., ROP, O., HOZA, I. *Technologie výroby potravin rostlinného původu*. 1. vyd., Zlín, 2006, ISBN 80-7318-372-2
- [40] Technologie škrobu. [online]. [2010-01-05]. Dostupné z WWW: http://kalch.upce.cz/add_on/potech10.pdf
- [41] INGR, I. a kol. *Zpracování zemědělských produktů*. Brno: 2001
- [42] PELIKÁN, M., SÁKOVÁ, L. *Jakost a zpracování rostlinných produktů*. České Budějovice: 2001
- [43] BUSHUK, W. *Encyclopedia of Grain Science*. Oxford. 2004. s. 91
- [44] MOUDRY, *Bioetanol*. [online]. [2010-03-18]. Dostupné na WWW: <http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/databaze/index.php?n1=4&n2=1&n3=0&n4=0&poloha=1>
- [45] ANONYM, *Biopaliva nově s podporou*, nedatováno
- [46] ÚŘEDNÍ VĚŠTNÍK EU, *Podpora užívání biopaliv nebo jiných obnovitelných pohonných hmot v dopravě*. 2003. 192 s.
- [47] MIKULÍKOVÁ, D., HORVÁTHOVÁ, V., KRAIC, J., ŽOFAJOVÁ, A. Hodnotenie obilného škrobu pre produkciu bioetanolu. Nové poznatky z genetiky a šľachtenia polnohospodárskych rastlín. Zborník zo 14. vedeckej konferencie, Piešťany: VÚRV. 2007
- [48] PETROL, *Biopaliva by mohla být levnější než benzín a nafta* [online]. [2010-05-14]. Dostupné na WWW: <http://www.petrol.cz/alternativa/print.asp?id=11139>
- [49] BIOM, *Využívání obnovitelných surovin v České republice*. [online]. [2010-05-14]. Dostupné na WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuzivani-obnovitelnych->

surovin-v-ceske-republice

- [50] BIOM, *Biopaliva ovlivňují cenu potravin*. [online]. [2010-05-14]. Dostupné na WWW: <http://biom.cz/cz/zpravy-z-tisku/biopaliva-ovlivnuji-cenu-potravin-ne-ale-zas-tak-moc>
- [51] KOPÁČOVÁ, O. *Biodegradovatelné obaly z pšeničné slámy* [online]. [2010-05-14]. Dostupné na WWW: <http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=154&ch=13&typ=1&val=2327>
- [52] MOUDRÝ, J. a kol. *Databáze využití zemědělské nepotravinářské produkce*. [online]. [2010-04-18]. Dostupné na WWW: <http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/databaze/>
- [53] INOVACE, *Bioplasty - materiály budoucnosti I*. [online]. [2010-04-25]. Dostupné na WWW: <http://www.inovace.cz/for-high-tech/biotechnologie/clanek/bioplasty---materialy-budoucnosti/>
- [54] INOVACE, *Bioplasty- materiály budoucnosti II*. [online]. [2010-04-25]. Dostupné na WWW: <http://www.inovace.cz/for-high-tech/biotechnologie/clanek/bioplasty---material-budoucnosti-ii-/>
- [55] INOVACE, *Biopaliva první generace aneb co všechno můžeme již dnes nalévat do nádrží aut*. [online]. [2010-04-25]. Dostupné na WWW: <http://www.inovace.cz/for-high-tech/biotechnologie/clanek/biopaliva-prvni-generace-aneb-co-vsechno-muzeme-jiz-dnes-nalevat-do-nadrzi-aut/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

např.	například
aj.	a jiné
př. n. l.	před naším letopočtem
cm	centimetr
kg	kilogram
t	tuna
tzv.	tak zvaně
ha	hektar
atd.	a tak dále
tj.	to je
SO ₂	oxid siřičitý
HCl	kyselina chlorovodíková
HNO ₃	kyselina dusičná
CO ₂	oxid uhličitý
μm	mikrometr
GM	genetický modifikace
Mg	hořčík
K	draslík
Fe	železo
Ca	vápník
a. s.	akciová společnost
s. r. o.	společnost s ručeným omezením

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1</i> Bramborové hlízy [29].....	16
<i>Obr. 2</i> Pšenice a její zrna [29].....	17
<i>Obr. 3</i> Kukuřice a její zrna [29].....	18
<i>Obr. 4</i> Ječmen a jeho zrna [29].....	19
<i>Obr. 5</i> Loupaná zrna rýže [29].....	19
<i>Obr. 6</i> Zrna žita [29].....	20
<i>Obr. 7</i> Listy a hlíza manioku [31, 32].....	21
<i>Obr. 8</i> Recyklační kruh [53]	32
<i>Obr. 9</i> Firmy vyrábějící bioplast [53].....	33
<i>Obr. 10</i> PLA lahve [54].....	34
<i>Obr. 11</i> Plastové výrobky [22].....	35
<i>Obr. 12</i> Průběh rozkladu PLA kelímku [54].....	35

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Želatinizační teploty škrobu [11]</i>	10
<i>Tab. 2. Poměr amylosy a amylopektinu [4]</i>	13
<i>Tab. 3 Zpracovatelské závody na výrobu bramborového škrobu [11].....</i>	22
<i>Tab. 4 Světová produkce bioplasmu [53].....</i>	31