

# **Modifikované škroby a jejich využití v potravinářském průmyslu**

Adéla Blažková

---

Bakalářská práce  
2007



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Adéla BLAŽKOVÁ**  
Studijní program: **B 2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Chemie a technologie potravin**

Téma práce: **Modifikované škroby a jejich využití  
v potravinářském průmyslu**

Zásady pro vypracování:

1. Zpracovat stručnou literární rešerži o vlastnostech nativního škrobu, dále detailněji studii o modifikovaných škrobech se zaměřením na jejich chemickou strukturu, vlastnosti apod.
2. Popsat stručně výrobu nativního škrobu a detailněji odlišné způsoby výroby modifikovaných škrobů.
3. Popsat zejména způsob enzymatické modifikace (hydrolýzy) škrobu a výrobu škrobových sirupů s různým dextrosovým ekvivalentem.
4. Popsat použití nejčastěji používaných modifikovaných škrobů jako přídatné látky do potravin (zahušřovadel, stabilizátorů apod.), jejich technologický a jiný význam.
5. Charakterizovat vliv škrobu na reologické vlastnosti potravin (viskositá, plasticita apod.) včetně popisu principu retrogradačních procesů.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

**Dle doporučení vedoucího práce.**

Vedoucí bakalářské práce:

**doc. Ing. Jan Hrabě, Ph.D.**

Ústav potravinářského inženýrství a chemie

Datum zadání bakalářské práce:

**8. ledna 2007**

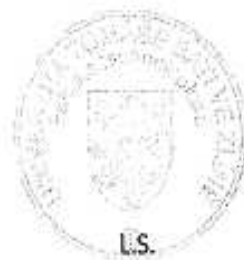
Termín odevzdání bakalářské práce:

**4. června 2007**

Ve Zlíně dne 2. května 2007



prof. Ing. Ignác Hoza, CSc.  
*děkan*



prof. Ing. Ignác Hoza, CSc.  
*ředitel ústavu*

## **ABSTRAKT**

Práce se zabývá nativními škroby, jejich vlastnostmi a výrobou z rostlinných materiálů. Hlavně tedy výrobou bramborového škrobu. Dále jsou popsány modifikované škroby, které si při jejich výrobě musí zachovat alespoň jednu vlastnost původního škrobu. Podrobně je popsána enzymová hydrolýza škrobu. Uplatnění modifikovaných škrobů v potravinářském průmyslu a to hlavně v mlékárenském, pekařském a cukrářském. Jsou zde rozebrány reologické vlastnosti (viskozita, plasticita) a princip retrogradace, který má vliv na vznik gelu a jeho uplatnění na výrobu želatinových cukrovinek.

Klíčová slova: škrob, amylosa, amylopektin, modifikovaný škrob, enzymatická modifikace škrobu, výrobky ze škrobu, použití modifikovaných škrobů v potravinářském průmyslu, reologické vlastnosti, retrogradace.

## **ABSTRACT**

The work deal with starches, their properties and producing from vegetal materials – so mainly with potato starch production. Next are described the modified starches which needs to thure their producing keep at least one character of original starch. Enzyme hydrolyze of starch is in details also describe in this work. The modified starches are used in food industry – especially in dairy industry, baking industry and pastry industry. Reology properties (viscozite, plastzite) and principle of retrogradation which have effect on gelatine origination and its use in gelatine sweets production are also charactered.

Keywords: starch, amylose, amylopectin, enzymatic modification of starch, productions of starch, use modified starch in the food industry, reology properties, retrogradation.

Touto cestou bych chtěla poděkovat vedoucímu své bakalářské práce doc. ing. Janu Hraběti, Ph.D. za odborné vedení a pomoc při sepisování bakalářské práce a zapůjčení studijního materiálu.

Motto :

„ Kdo není ochoten se celý život učit, nenaučil se to nejdůležitější. ”

Rainer Haak

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>9</b>
<b>1. VLASTNOSTI NATIVNÍHO ŠKROBU A MODIFIKOVANÉHO ŠKROBU</b> .....	<b>10</b>
1.1. VLASTNOSTI NATIVNÍHO ŠKROBU .....	10
1. 2. CHEMICKÁ STRUKTURA A VLASTNOSTI MODIFIKOVANÝCH ŠKROBŮ.....	12
Hydratační vlastnosti .....	12
Želírující schopnost.....	14
<b>2. VÝROBA NATIVNÍHO ŠKROBU</b> .....	<b>15</b>
2. 1. VÝROBA NATIVNÍHO ŠKROBU Z BRAMBOR.....	15
2. 1. 1. Strouhání brambor .....	15
2. 1. 2. Vypírání bramborové třenky .....	16
2. 1. 3. Získávání škrobu a rafinace škrobového mléka.....	16
2. 1. 4. Předsušení a sušení škrobu .....	16
2. 1. 5. Úprava a expedice hotového škrobu .....	17
2. 2. VÝROBA ŠKROBU Z KUKUŘICE.....	17
2. 3. VÝROBA ŠKROBU Z PŠENICE .....	17
2. 4. ZPŮSOBY VÝROBY MODIFIKOVANÝCH ŠKROBŮ.....	18
2. 4. 1. Chemická modifikace ve vodné suspenzi .....	19
2. 4. 2. Chemická modifikace ve vodném roztoku .....	19
2. 4. 3. Chemická modifikace škrobů v organických rozpouštědlech.....	20
2. 4. 4. Termochemická modifikace škrobů na suché a mokré cestě.....	21
2. 4. 5. Enzymová modifikace škrobů.....	21
<b>3. ENZYMATICKÁ MODIFIKACE ŠKROBU A VÝROBA ŠKROBOVÝCH SIRUPŮ</b> .....	<b>22</b>
3. 1. ENZYMATICKÁ MODIFIKACE (HYDROLÝZA) ŠKROBU .....	22
3. 1. 1. Příprava škrobové suspenze.....	23
3. 1. 2. Hydrolýza.....	23
3. 1. 3. Rafinace .....	24
3. 1. 4. Sušení enzymově modifikovaných škrobů .....	24
3. 2. VLASTNOSTI ENZYMOVĚ MODIFIKOVANÝCH ŠKROBŮ .....	24
3. 3. VÝROBA ŠKROBOVÝCH SIRUPŮ S DEXTROSOVÝM EKVIVALENTEM .....	25
<b>4. VÝROBKY ZE ŠKROBU</b> .....	<b>27</b>
4. 1. ŠKROBOVÉ DERIVÁTY, JEJICH VLASTNOSTI A VYUŽITÍ .....	27
4. 1. 1. Chemicky degradované škroby .....	27
4. 1. 2. Enzymově degradované škroby .....	27
4. 1. 3. Oxidované škroby .....	27
4. 1. 4. Termicky modifikované a extrudované škroby .....	28
4. 1. 5. Substituované škroby .....	28
4. 1. 6. Estery škrobu .....	29
4. 1. 7. Škrobové ethery .....	29
4. 1. 8. Zesítené škroby .....	30
4. 2. POUŽITÍ MODIFIKOVANÝCH ŠKROBŮ V POTRAVINÁŘSKÉM PRŮMYSLU .....	30
4. 2. 1. Mlékárenský průmysl.....	31

4. 2. 2. Pekárenský průmysl .....	32
4. 2. 3. Cukrovarnický průmysl.....	33
4. 2. 4. Výroba cukrovinek.....	33
4. 2. 5. Konzervářský průmysl .....	33
4. 2. 6. Ostatní použití v potravinářství.....	33
<b>5. REOLOGICKÉ VLASTNOSTI .....</b>	<b>35</b>
5. 1 VIZKOZITA .....	35
5. 2 PLASTICITA .....	35
<b>6. PRINCIP RETROGRADAČNÍCH PROCESŮ .....</b>	<b>36</b>
<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>38</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>39</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>41</b>
<b>1PŘÍLOHA .....</b>	<b>43</b>

## ÚVOD

Škrob byl člověkem využíván už od dávných dob, protože byl nejsnáze získaný hydrofilní polymer, jehož vodným roztokem bylo možno něco slepit, zahustit, impregnovat. V suché formě to byl neškodný bílý prášek. Prvním zdrojem škrobu byla pšenice.

Škrob je jediný biopolymer, který se v přírodním materiálu vyskytuje ve formě tuhých částic, bez chemické a fyzikální vazby na jiné složky suroviny. Lze ho ze surovin izolovat pouze s využitím mechanické energie ve vysoké chemické a fyzikální čistotě.

Chemické složení, fyzikální struktura a velikost škrobových zrn se také příznivě projevují i při zpracování škrobu. Převážná většina chemických reakcí škrobu je realizována v nehydratovaném stavu, je tedy energeticky velmi málo náročná.

Škrob jako výchozí surovina je v současné době základem rozsáhlých průmyslových výrob. Průmyslové zpracování škrobů ve škrobárenském průmyslu se skládá ze dvou základních oborů. Prvním z nich je hydrolytická výroba škrobových sladidel. Druhým je výroba technických dextrinů a modifikovaných škrobů.

Modifikované škroby jsou všechny výrobky ze škrobů, které mají zachovány alespoň jednu původní charakteristickou vlastnost škrobu a jejichž vlastnosti jsou biochemickým, chemickým, fyzikálním nebo kombinovaným vlivem přizpůsobeny k danému účelu.

Škrob jako polymer má samozřejmě řadu původních funkčních vlastností. Pro aplikaci jsou zajímavé hlavně hydratační vlastnosti a viskozita, schopnost vázat vodu, želírující schopnost.

Proces modifikace má za úkol některou původní vlastnost zvýraznit, jinou zase potlačit nebo vytvořit z původních vlastností další vlastnost zcela novou. Důležitá je také stabilizace některých původních vlastností pro použití v potravinářství, ale i v jiných průmyslových oblastech.



## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1. VLASTNOSTI NATIVNÍHO ŠKROBU A MODIFIKOVANÉHO ŠKROBU

## 1.1. Vlastnosti nativního škrobu

Škrob je bílý nebo slabě nažloutlý, bez chuti, zápachu a ve studené vodě nerozpustný prášek. Suchý se dá velmi dobře skladovat. Jádru může být jedno nebo více a podle toho pak rozeznáváme zrna jednoduchá nebo složená [1]. Škrob je hygroskopická látka, jeho rovnovážná vlhkost je závislá na relativní vlhkosti okolního prostředí [2].

Suchý škrob zahříváním při 130°C žloutne a mění se v gumu, např. bramborový škrob-guma francouzská. Zahřívá-li se škrob s vodou, nejprve bobtná a pak mazovatí. Tak dochází ke zvětšení objemu 120 krát. Při úplném mazovatění zrno praskne a obsah se vylíje do okolí. Velká zrna bobtnají a mazovatí rychleji než zrna malá. Analyticky se škrob dokazuje pomocí roztoku jodu v jodidu draselném modrým zabarvením, které při zahřátí mizí a po ochlazení se znovu vrací [1].

Škrob je rezervní polysacharid, tvořící v živých systémech zásobu energie, kterou lze uvolnit jeho odbouráním [3]. Škrob některých rostlin slouží jako škrobárenská surovina, využití v mnoha průmyslových odvětvích, zvláště ve výrobcích ze škrobu.

Škrobová zrna během růstu rostlin zaplňují amyloplasty a mají specifický charakter pro různé rostliny, podle kterého je možné pod mikroskopem identifikovat jednotlivé druhy škrobu:

Bramborový škrob má zrna oválného tvaru se zřetelným rýhováním, velikost zrna se pohybuje kolem 10 – 80  $\mu\text{m}$ .

Pšeničný škrob má tvar kulovitý. Pšeničný škrob lze rozdělit podle velikosti zrn na tzv. škrob malozrnný 2 – 10  $\mu\text{m}$  a škrob velkozrnný 10 – 40  $\mu\text{m}$ .

Kukuřičný škrob má zrna hranatá s ostře odstíněným jádrem, velikost zrna je 5 – 25  $\mu\text{m}$  [4].

Po chemické stránce je škrob makromolekulární sacharid, jehož základní stavební složkou je glukosa [3]. Skládá se ze dvou složek, které jsou po fyzikální a chemické stránce odlišné, tzv. amylosy a amylopektinu [5].

Amylosa se skládá z 25 – 1000 glukosových jednotek, které jsou spojeny kyslíkovými můstky v poloze 1 a 4. Molekulová hmotnost amylosy se pohybuje řádově mezi  $10^5$  –  $10^6$ . V horké vodě se rozpouští a prochází filtrem. Její roztoky jsou nestálé a snadno podléhají retrogradaci. Jódem se barví modře, neredukuje Fehlingův roztok. V přírodě se nevyskytuje v čisté formě, vždy je doplňována určitým množstvím amylopektinu [6].

Amylopektin tvoří rozvětvenou strukturu s vazbami  $\alpha$ -D-(1 – 4) a  $\alpha$ -D-(1 – 6). Molekulová hmotnost se pohybuje v rozmezí  $10^6$  –  $10^7$ . Amylopektin je v horké vodě nerozpustný, pouze bobtná, rosolovává a dává viskózní roztoky [(5.)]. Jódem se barví fialově. Obsahuje větší množství kyseliny fosforečné. Většina škrobů obsahuje více amylopektinu než amylosy.

Ze všech chemických a fyzikálních vlastností je pro výrobu škrobu významná jeho vysoká měrná hmotnost, která způsobuje jeho rychlou sedimentaci a oddělení škrobu od neškrobu. Dále je důležitá jeho nerozpustnost ve studené vodě, dovoluje opakovaný styk škrobu s vodou, která je při jeho mechanické výrobě nejdůležitější pomocnou látkou [1].

### Mazovatění škrobu

Škrob je ve studené vodě nerozpustný. Při zahřívání suspenze škrobu ve vodě dochází k mírnému bobtnání zrn [7]. Počáteční teplota mazovatění je od  $60^\circ\text{C}$ , děj je reverzibilní. Po dosažení této teploty se rozrušují mezimolekulární vodíkové můstky, zrna se začínají prudce zvětšovat a uvolněná amylosa difunduje do roztoku. Zvyšováním teploty hydratace pokračuje. Tento proces nazýváme „mazovatění škrobu“ a je ireverzibilní. Viskozita vzrůstá uvolňováním amylosy a malého množství amylopektinu do roztoku a vzniká tzv. „škrobový maz“. V něm se nachází rozrušená zrna škrobu s amylopektinem a amylosou.

Při ochlazování škrobových mazů dochází ke zpětné tvorbě vodíkových vazeb mezi molekulami amylosou a amylopektinem. Když je dostatečná koncentrace škrobu, tak vzniká pevná síť obsahující velké množství vody tzv. „škrobový gel“. Při nižší koncentraci škrobu vznikají viskózní pasty nebo koloidní roztoky [8].

## 1. 2. Chemická struktura a vlastnosti modifikovaných škrobů

Modifikovat škroby lze chemickou cestou, získáním degradovaných (odbouraných) škrobů nebo oxidovaných škrobů. A to pomocí enzymů za vzniku maltodextrinů. Nebo také cestou fyzikální, kterou se připravují termicky upravené a extrudované škroby [8]. Modifikované škroby lze používat jako zahušťovadla, stabilizátory a emulgátory [9], [10].

Z hlediska chemického, je třeba volit teploty nižší, kolem 60°C. Musí se respektovat heterogenní systém (nezmazovatěly škrob – voda). V systému pevná fáze – roztok má reakce fáze : difúze reakční komponenty do částic pevné fáze, adsorpce na místě reakce a vlastní chemická reakce. Tyto tři fáze vyžadují optimalizaci a teplotní a časové podmínky. V neoptimálních podmínkách dochází ke špatnému průběhu tím, že reakce probíhá na povrchu a těsně pod povrchem škrobového zrna [11].

Na straně druhé jsou problémy vyrovnány technickoekonomickými výhodami. Je to zjednodušení postupů, zlevnění zařízení a snížení spotřeby energií. Škrobová suspenze je dobře mísitelná a může se pracovat ve vysokých koncentracích, výrobek nelze snadno odfiltrovat a rafinovat. Sušením se odstraňuje voda [11].

V praxi se provádí chemické reakce na škrobech, které se označují hydrofilizující škroby, kdy do systému je zanesena látka. Musí se omezit bobtnání škrobů a reakce vést pod teplotou mazovatění škrobu [12].

### Hydratační vlastnosti

Patří sem dvě fyzikálně-chemické vlastnosti škrobu, tj. Rozpustnost škrobu v prostředí a vaznost vody na sušinu škrobu.

### Rozpustnost škrobu

Rozpustnost škrobu stoupá se stupněm hydrolyzy škrobu, tedy s klesající viskozitou. Zvyšování rozpustnosti škrobu hydrolyzou je na úkor zahušťovací schopnosti. Další možností zvýšení rozpustnosti je hydrofilní substituce v přítomnosti zlepšujícího prostředku. Látky potlačující rozpustnost škrobů působí na všechny nehydrolytické modifikované škroby stejně jako na škrob nativní. Nejlepší metodou pro zvýšení rozpustnosti je enzymová hydrolyza. Ještě také umožňuje zvýšený přídavek škrobu do potraviny, protože omezuje typickou škrobovitou příchut' a přídavek těchto škrobů může být poměrně vysoký [13].

V některých potravinách je redukována rozpustnost škrobu přítomností různých látek, např. vápenaté ionty v mléčných výrobcích, organické kyseliny v ovocných a kysaných výrobcích.

Rozpustnost škrobů ovlivňují také technologické vlastnosti. V mražení a mlékárenství musí škrob hydratovat za nízkých teplot (max. 10°C) [11].

### Vaznost vody

Vaznost vody je vyšší, čím je vyšší polymerační stupeň. Vaznost zvyšuje síťování škrobu a souvisí s dostatečnou rozpustností to při zachování nejvyššího polymeračního stupně [11].

Pro většinu modifikovaných škrobů lze hodnotu vaznosti vyjadřovat hodnotou viskozity. Vliv složení systému na hodnotu vaznosti vody se u různých typů modifikací projevuje různě. Velmi citlivý je škrob bramborový, zejména na obsah solí a kyselin, což je dáno přítomností vázané kyseliny fosforečné. Obilné škroby jsou citlivé velmi málo, ale také jejich schopnost vázat vodu je nízká [13].

### Disperzní stabilita

Má rozhodující vliv na proces výroby potravin. Složení potraviny má na disperzní stabilitu nepatrný vliv. Disperzní stabilita je fyzikální a chemická stabilita dosaženého stavu škrobu v dané potravine.

### **Chemická stabilita**

Chemická stabilita je odolnost hydratovaného škrobu vůči chemickým vlivům. Jde o hydrolýzu škrobu přítomnými látkami za zvýšené teploty. Chemickou stabilitu částečně zlepšuje síťování škrobů. Síťování posune pouze strukturu tak, že po odbourání dostane škrob původní vlastnosti škrobu nativního [13].

### **Mechanická stabilita**

Při mechanické stabilitě dochází k porušování makromolekul. V potravině se škrob může vyskytovat ve dvou různých formách. Za první ve formě spojitého solu nebo gelu a za druhé ve formě jednotlivých nabobtnalých částic, hlavně u zahušťovadel.

Spojité gely nebo soly jsou na mechanické namáhání velmi citlivé. Citlivost závisí na viskozitě systému. V hmotách, kde je vysoká viskozita se struktura trhá a viskozita prudce klesá.

Nespojité systémy, ve kterých se škrob vyskytuje ve formě nabobtnalých částic, jsou na mechanické namáhání méně citlivé. V první fázi se porušují nabobtnalé částice, klesá viskozita, ale vaznost vody škrobem se zlepšila. Až hlubokým mechanickým zásahem se poruší struktura makromolekul a může dojít ke ztrátě zahušťovací schopnosti a vaznosti vody [13].

### **Želírující schopnost**

Schopnost modifikovaných škrobů vytvářet gely, která se projevuje nejen ve výrobcích, např. škrobové želé, gumovité cukrovinky, ale také hraje důležitou roli v koloidní stabilizaci. To se týká polotekutých, krémovitých a kašovitých výrobků, např. majonéz. Přidávají se také do dortů, zákusků atd. [14].

Z fyzikálního hlediska škrobového gelu, je vytvoření vodíkových vazeb mezi molekulami škrobu. Gel vzniká ochlazením systému. Příkladem škrobových gelů jsou klasické pudinky a gumovité cukrovinky.

Želírující vlastnosti vykazují zejména škroby, které jsou hydrolyzované kyselinou. Želírující schopnost škrobům odebrává termická modifikace, která probíhá na sušících válkách [11].

## 2. VÝROBA NATIVNÍHO ŠKROBU

### 2. 1. Výroba nativního škrobu z brambor

Výrobu bramborového škrobu lze rozdělit do výrobních fází :

1. nákup, přejímka a ukládání brambor
2. doprava, praní a vážení brambor
3. strouhání brambor
4. vypírání bramborové třenky
5. získávání škrobu a rafinace škrobového mléka
6. předsoušení a sušení škrobu
7. úprava a expedice hotového výrobku

Výroba spočívá v izolaci škrobových zrn od ostatních látek, které jsou obsaženy v bramborách. Principem mechanického způsobu, tj. vypírání škrobu z otevřených bramborových buněk a jeho čištěním velkým množstvím vody.

#### 2. 1. 1. Strouhání brambor

Hlavním úkolem je rozrušení buňky a uvolnění škrobového zrna. V praxi se k otevření buněk používají pilkové struháky.

Hlavní částí pilkového struháku je buben, přítlačné klíny, násypný koš a skříň, kde je strouhací zařízení uzavřeno. Buben je litinový věnec, který je vyhloubený, aby tvořil lůžko pro lišty a pilky. Mezi lišty se vkládají pilky. Ty jsou ocelové a mají na obou stranách zoubky. Buben struháku se otáčí proti 2 ocelovým klínům, které přiléhají k obvodu bubnu a dovolují projít pod bubnem jen jemné třence. Třenka padá do třenkové jámy. Pak se provádí rychlé odstředění vody od pevné části.

### 2. 1. 2. Vypírání bramborové třenky

Pevná hmota se dopravuje čerpadly k vypírání, kde se škrob odděluje od nerozpustných neškrobů. Vypírání se provádí tlakovou vodou na sítěch, škrob prochází otvory sít, ale nerozpustné neškroby, hlavně vláknina, zůstávají na sítěch. Při vypírání třenky se mluví o extrakci (vypírání), propírání a rafinaci (dopírání).

Škrobové mléko po vypírání obsahuje kromě škrobu, zbytky nerozpustných neškrobů a vody ještě podíl jemné vlákniny. Její odstranění se provádí na rafinačních žejbrech.

### 2. 1. 3. Získávání škrobu a rafinace škrobového mléka

Usazování škrobu se provádí buď v klidu (lavéry) nebo za pohybu (rafinační splávky).

Lavéry jsou opatřené míchadlem. Škrobové mléko se ředí vodou, promíchá a škrob se nechá usazovat. Upravuje se zde také pH.

Rafinační splávky jsou dřevěná nebo betonová korýtka. Škrobové mléko teče po dně korýtka, přičemž se nečistoty oddělují od škrobu. Škrobová zrna s vysokou měrnou hmotností zůstávají ležet na dně. Vlákna a bílkoviny se na sebe nabalují a jsou odplavovány po povrchu usazeného škrobu do odpadu.

### 2. 1. 4. Předsušení a sušení škrobu

Vypraný škrob se musí usušit, jinak podléhá zkáze. Protože odpařovat tak velké množství vody by bylo neekonomické, předsouší se škrob mechanicky a to buď na odstředivkách nebo vakuových filtrech.

Předsušený škrob o obsahu vody 35-40 % podléhá změnám při delším skladování, které nepříznivě ovlivňují jeho jakost. Musí se zvýšit obsah sušiny, aby se nezměnila jeho kvalita. Vyšší sušina je žádoucí, protože škrob je silně hygroskopická látka přijímající vlhkost ze vzduchu. V praxi se používají k sušení škrobu pneumatické sušárny. Škrob se suší v proudu horkého vzduchu. Protože horký vzduch působí na škrob jen několik vteřin, může se zahřát až na teplotu 170°C, aniž by se poškodil.



### **2. 1. 5. Úprava a expedice hotového škrobu**

Usušený škrob nelze ještě pytlovat a expedovat. Ve škrobové moučce jsou hrudky a malý podíl škrobové krupice. Ještě než se začne pytlovat musí se upravit vyséváním na rovinných vysévačích. Až teprve takto upravený škrob se pytluje do papírových pytlů, váží a expeduje do průmyslových závodů nebo obchodů ke spotřebě.

Při skladování je důležité dobré větrání, suché ovzduší a čistota [1].

## **2. 2. Výroba škrobu z kukuřice**

Její předností je dobrá skladovatelnost, výborné vlastnosti konečného výrobku a získání hodnotných produktů pro konzumní, technické a krmné účely.

Kukuřice zbavená nečistot se máčí ve vodě po dobu asi 24 hodin, při teplotě 50-52°C. Dochází k uvolňování škrobu a přechod rozpustných látek zrna do máčecí vody. Koncentrovaná voda (kukuřičný extrakt) se odvádí a zahušťuje na odparkách na 30 % nebo 60 % sušiny. Kukuřice se pak dopravuje na loupací mlýn, kde se zrna drtí a uvolňují se klíčky. Po vyprání postupuje kukuřičná drť na kamenné mlýny a dojde k oddělení škrobu od hrubé vlákniny. Po vylisování a usušení vzniká kukuřičné mláto, což je kvalitní bílkovinné krmivo. Získané škrobové mléko se rafinuje a předsouší. Vlhký škrob se pak suší, prosévá, pytluje, váží a expeduje.

Rafinovaný kukuřičný gluten, získaný filtrací po zmazování a zcukření škrobu, se používá v potravinářském, chemickém nebo krmném průmyslu.

Klíčky se po usušení používají k výrobě olejů, které slouží ke konzumním nebo technickým účelům [1].

## **2. 3. Výroba škrobu z pšenice**

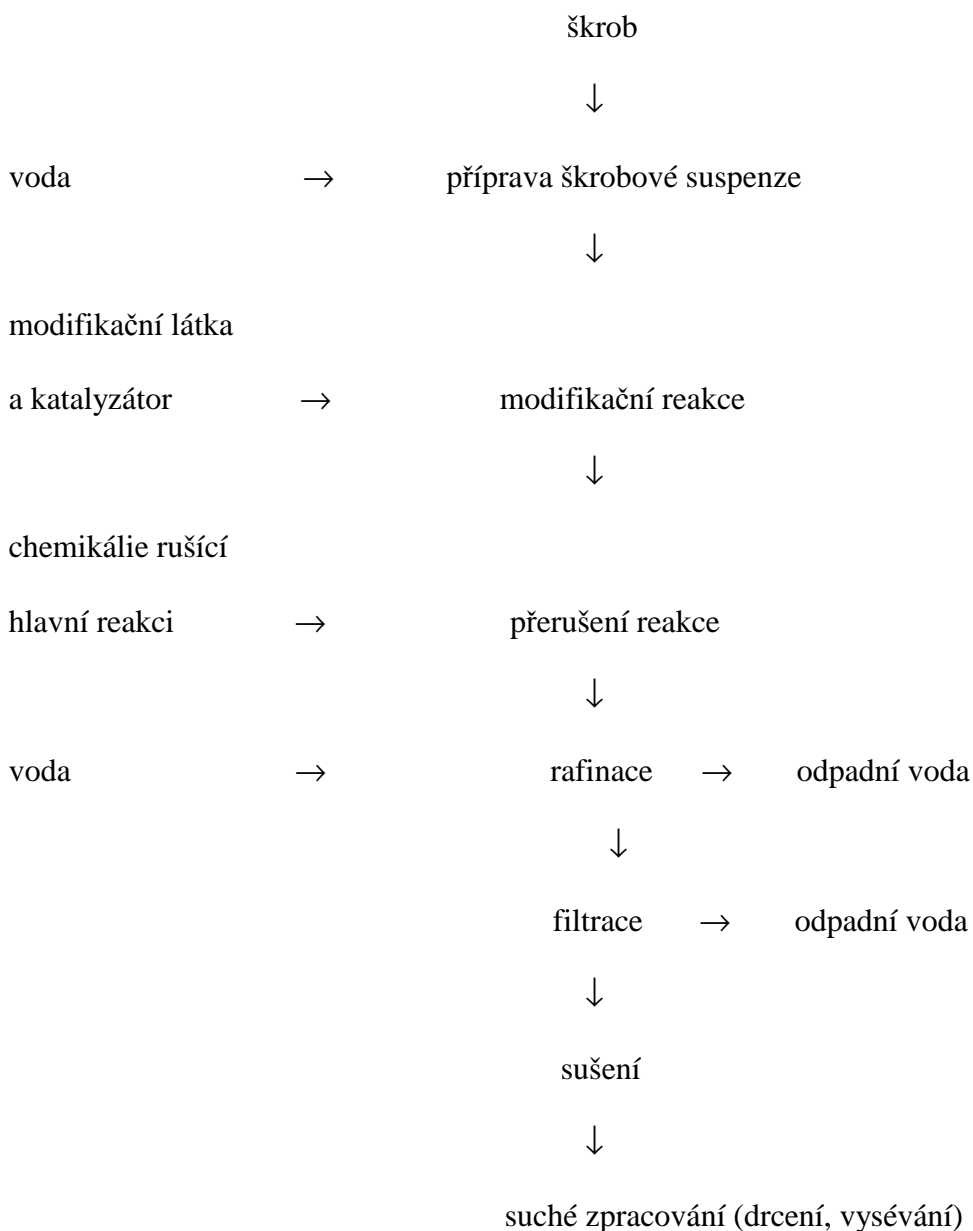
K výrobě pšeničného se používá jednomletá mouka, která se s vodou zadělává a nechá se odležet asi 30 minut. Pak se vypírá v bubnových pračkách, kde se vypere škrob, který prochází sítím. Lepek se dále zpracovává. Velkozrnný škrob se rozmíchá s vodou, a pak se

suší. Usušený škrob, tzv. pudr (86 % sušiny) se prosívá, pytluje, váží a expeduje. Malozrnný škrob se zpracovává na líh nebo používá ke krmení.

Pšeničný lepek se vede na ultrarotor, kde se získá suchý vitální lepek, který se pak vysévá, pytluje, váží a expeduje. Hotový výrobek se používá v pekárenském průmyslu ke zlepšování mouky, k výrobě koření, polévek. Podstatná část lepku se exportuje [1].

## 2. 4. Způsoby výroby modifikovaných škrobů

### Základní schéma modifikací škrobů



#### 2. 4. 1. Chemická modifikace ve vodné suspenzi

Ve vodné suspenzi se může škrob modifikovat na základě řady reakcí, jako jsou hydrolýza, oxidace, esterifikace, zesítním.

Tato technologie má nízkou spotřebu energie a investiční náklady na zařízení.

Reakce musí probíhat při relativně nízké teplotě. Za nejvyšší možnou teplotu lze považovat 70 °C a reálné teploty pro tuto reakci jsou mezi 30 až 55 °C. Chemická reakce probíhá v heterogenním systému, tedy mezi roztokem a tuhou fází. Modifikační látka musí v první fázi difundovat dovnitř zrn. Druhou fází je sorpce na místě a třetí fází je reakce modifikační látky se škrobem. Záleží na velikosti a chemických vlastnostech molekul modifikační látky, dále na teplotě, koncentraci a času v poměru. Důležité jsou také vlastnosti použitého škrobu, z hlediska struktury jeho zrn. V suspenzi je obtížnější modifikovat škrobová zrna s kompaktní strukturou. Na difúzní a sorpční poměry má vliv i míra nabobtnání zrn a chemická čistota škrobu, zejména obsah zbytkových bílkovin a lipidů.

Hlavním problémem chemické modifikace škrobů ve vodné suspenzi je hydrofilizace škrobu. Hydratace škrobu může nastat, když modifikační postupy vyžadují vysokou koncentraci reakční alkality ( NaOH, KOH ) a jednak v případě, že substituent je silně hydrofilní a snižuje teplotu mazovatění.

Bobtnání až mazovatění škrobových zrn v průběhu modifikační reakce lze zabránit přidáním tzv. inhibitorů mazovatění. Pro modifikaci škrobů ve vodné suspenzi jsou reálné jen anorganické soli s vysolovacím efektem ( síran sodný ).

Touto reakcí lze vyrobit hydrolyzované škroby, oxidované ethery, škrobové estery a zesítněné škroby [13].

#### 2. 4. 2. Chemická modifikace ve vodném roztoku

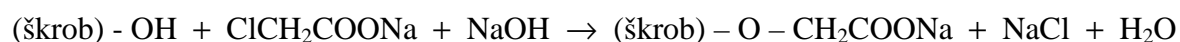
Modifikační reakce probíhají na škrobu v hydratovaném (zmazovatěném) stavu. Chemickou modifikaci v roztoku neprovádí zpravidla škrobárenský průmysl, ale uživatelé příslušné škrobové modifikace, zejména průmysl papírenský a textilní [13], [15]. Typickým příkladem průmyslového použití je oxidace škrobu, která probíhá v

trubkovém výměníku za tepla a kdy hotový roztok oxidovaného škrobu se čerpá přímo do klížícího slisu, čehož se využívá v papírenském průmyslu, nebo do šlichtovacího stroje pro textilní průmysl, kde se podle potřeby upravuje na konečný pracovní roztok.

### 2. 4. 3. Chemická modifikace škrobů v organických rozpouštědlech

V prostředí organických rozpouštědel se provádějí všechny substituce škrobu silně hydrofilními substituenty. Z alkoholů, které jsou polární rozpouštědlo, se v praxi běžně používá methanol nebo ethanol.

Nejvýznamnějším produktem vyráběným v prostředí organického rozpouštědla je karboxymethylškrob, vznikající podle reakce :



Hlavním úkolem je omezování hydratace škrobu, neboť vázaná karboxymethylová skupina dodává škrobu vysokou afinitu k vodě.

V průmyslové výrobě karboxymethylškrobů se reakční teploty pohybují od 35 až do 52 °C čas mezi 3 až 8 hodinami. Technické produkty se nerafinují ani se neprovádí neutralizace. Suší se přímo po filtraci pneumaticky nebo na válcových sušárnách.

Pro použití v potravinářství je nutné surový škrobový ether zbavit zbytků reakčních komponent. A to rafinací zředěným alkoholem, okyseleným kyselinou octovou.

Konečnou operací po usušení škrobového etheru je termizace, která spočívá v záhřevu suchého etheru na zvýšenou teplotu, nejméně na 95 °C po dobu 10 minut. Termizací lze reakci urychlit a zamezit průběhu polyfunkční etherifikace a esterifikace.

Chemická modifikace škrobů v prostředí organických rozpouštědel vyžaduje speciální zařízení. Během výroby se ztrácí část alkoholu, ten se ztrácí při sušení a proto je kladena velká náročnost na kvalitní filtraci.

Karboxymethylový ether škrobu, který je vyrobený v prostředí alkoholu, má neporušená zrna. V závislosti na stupni substituce má karboxymethylový ether škrobu sníženou teplotu mazovatění. Při vysokém stupni substituce zrna bobtnají už ve studené vodě a přecházejí

na čiré roztoky, nebo viskózní pasty s vysokou disperzní stabilitou. Stupeň substituce má vliv i na disperzní stabilitu a vaznost vody. Rafinace technického karboxymethylškrobu zajišťuje potravinářskou a farmaceutickou použitelnost a také zlepšuje viskozitu [13].

#### **2. 4. 4. Termochemická modifikace škrobů na suché a mokré cestě**

Významné technické produkty se vyrábějí pražením škrobů suchou cestou. Při pražení nastávají ve struktuře polysacharidového řetězce změny fyzikálně chemických vlastností produktů jako je zvýšení rozpustnosti ve vodě, pokles viskozity vodných disperzí. Produkty se nazývají technické dextriny.

Termickou modifikaci na mokré cestě představuje zahřívání škrobové suspenze na sušícím válci. Před tepelnou úpravou jsou přidávány do vodné suspenze škrobu modifikační látky a přísady. Hydrotermická modifikace umožňuje rozpustnost škrobů ve vodě bez dodání tepelné energie, tedy ve studené vodě [15].

#### **2. 4. 5. Enzymová modifikace škrobů**

Průmyslová enzymová modifikace škrobů má dvě základní formy. První technologii se hydrolyzovaný škrob nesusí, ředí se přímo po modifikaci na pracovní koncentraci, jedná se o papírenský průmysl [16]. Druhou formou je výroba sušených, enzymově modifikovaných škrobů. Použití těchto výrobků je výhradně v potravinářství [11],[13].

### 3. ENZYMATICKÁ MODIFIKACE ŠKROBU A VÝROBA ŠKROBOVÝCH SIRUPŮ

#### 3. 1. Enzymatická modifikace (hydrolýza) škrobu

Enzymová modifikace škrobů se provádí vždy za přítomnosti enzymů, tzv. amylasy. Tyto enzymy štěpí škrobové makromolekuly na kratší řetězce stejné hmotnosti. Výsledkem enzymové hydrolýzy škrobu je prudký pokles viskozity škrobového roztoku i při malém stupni naštěpení. Podle jejich schopnosti a způsobu štěpení jednotlivých glykosidových vazeb se mohou dělit :

$\alpha$ -amylasy, které štěpí jen vazbu  $\alpha$ -D-(1 – 4). Vzniká směs oligosacharidů ( maltosa), na rozvětveném amylopektinu isomaltosa. Pomalu stoupá obsah redukujících látek a rychle klesá viskozita, a tak se nazývá enzym „ztekucující“.

$\beta$ -amylasy, které štěpí pouze vazbu  $\alpha$ -D-(1 – 4) a odštěpují se maltosové jednotky od neredukujícího konce řetězce. Vznikají tzv. „hraniční dextriny“, které v amylopektinu zastaví štěpení na rozvětvení s  $\alpha$ -D-(1 – 6) vazbou. Rychle stoupá obsah redukujících látek a pomalu klesá viskozita, tento enzym je proto označován jako „zcukřující“.

Amyloglukosidasa hydrolyzuje vazby  $\alpha$ -D-(1 – 4) a  $\alpha$ -D-(1 – 6). Hydrolýza probíhá od neredukujícího konce řetězce po jedné glukosové jednotce, která je konečným produktem hydrolýzy.

Isomaltasa štěpí vazby  $\alpha$ -D-(1 – 6) v amylopektinu. Po skončení hydrolýzy jsou v roztoku jen lineární řetězce amylosy.

K hydrolýze se používá škrobové mléko o koncentraci 30 – 35 %. Jeho pH se upraví na optimální podmínky působením ztekucujícího enzymu. Hydrolýza se pak provádí ve dvou stupních.

První stupeň je tzv. „ztekucení“, kdy dochází k zahřátí ve vařáku na 85-120 °C a vytvoří se škrobový maz. Přidává se  $\alpha$ -amylasa, aby došlo ke snížení viskozity a zabránění retrogradace. Výsledné DE substrátu je po 90 minutách v rozmezí 10-12.

Druhý stupeň je tzv. „zcukření“, hlavní část hydrolýzy. Nejprve musí být ztekucující enzym inaktivován, a to se provádí zahřátím a snížením pH. Zcukření se provádí ve vysokoobjemových a temperovaných nádobách. Podle druhu zcukřujícího enzymu jsou voleny optimální podmínky hydrolýzy ( teplota, pH, množství enzymu ). Když je dosažen požadovaný stupeň zcukření, je provedena inaktivace enzymu pasterací hydrolyzátu. Při rafinaci je hydrolyzáat filtrován a pak odbarvován a rafinovaný hydrolyzáat se odpařuje na konečný produkt, tzv. tekuté sirupy, které se často suší. U glukosového sirupu se provádí krystalizace glukosy [8].

### **3. 1. 1. Příprava škrobové suspenze**

Pro výrobu enzymově modifikovaných škrobů se používá zejména prvotřídní bramborový škrob. V míchačce se připraví suspenze škrobu ve vodě. PH škrobové suspenze se upraví na optimální působení enzymu a k úpravě se používá škrobové mléko [11].

### **3. 1. 2. Hydrolýza**

Upravená škrobová suspenze se přečerpá do hydrolytického reaktoru, který je vyhříván párou. Do reaktoru se přidává enzym. Připravený systém (škrob a enzym) se zahřívá. Od teploty 52 °C stoupá viskozita systému a končí kolem 65-70 °C. Jestliže viskozita bude vyšší jak míchací možnosti reaktoru, může se na krátkou dobu míchání zastavit, protože během 10 minut po dosažení optima se systém mění na průzračný a nízkoviskózní.

V okamžiku přerušení hydrolýzy se dávkuje do reaktoru kyselina (chlorovodíková nebo octová) a to tak, aby došlo k poklesu pH na 4,5. Směs se zahřeje na teplotu varu, a tak je hydrolýza ukončena. V reaktoru zůstane vodný roztok enzymově modifikovaného škrobu, který se dále rafinuje [11].

### 3. 1. 3. Rafinace

Vodný roztok modifikovaného škrobu se musí zbavit nerozpustných částic, které vznikly považením. Rafinace se provádí průchodem odstředivkou. Čirý podíl je připraven k sušení [11].

### 3. 1. 4. Sušení enzymově modifikovaných škrobů

Enzymově modifikované škroby jsou k sušení připraveny jako viskózní roztoky. Nejvíce odbourané škroby se suší na věžových sušárnách. Méně odbourané škroby se mohou sušit na válcových sušárnách. Produkt se získává ve formě prášku nebo jemných vloček. Dochází k homogenizaci, aby se získaly rovnoměrné vlastnosti a pak se plní do obalů [11].

## 3. 2. Vlastnosti enzymově modifikovaných škrobů

Modifikované škroby získané působením amylolytického enzymu mají základní vlastnost, kterou je snížení polymeračního stupně a z toho plynoucí snížená viskozita ve vodném roztoku a zvýšená rozpustnost ve vodě. Enzymově modifikované škroby jsou ve vodě za normální teploty vždy rozpustné [6]. Enzymově modifikované škroby tvoří velkou skupinu výrobků. Jejich vlastnosti jsou na rozhraní vlastností nativních škrobů až škrobových hydrolyzátů [11].

*Z fyzikálního hlediska je výroba suchých produktů závislá na způsobu sušení. V rozprašovacích sušárnách mají produkty jemně práškovou strukturu. Když hydrolyza probíhá při nižších stupních, tak se jemně práškové produkty obtížně dispergují ve vodě. Produkty s dextrosovým ekvivalentem (DE) vyšším než 5 % nemají problémy při rozpouštění.*

*Viskozita vodných roztoků se zjišťuje pouze u výrobků s DE nižším než 1 %. Škroby, které byly více hydrolyzovány z hlediska viskozity nehodnotí, protože viskozita není pro technologické vlastnosti relevantní odpovídající schopnost.*

*Vaznost vody sušinou lze měřit jen u nízkomodifikovaných výrobků. Vaznost vody je od původního nativního škrobu snížena v průměru o 20 %, ale při aplikaci se toto snížení*



vyrovnává zvýšenou rozpustností v potravinách. Zvýšená rozpustnost se pozitivně ukazuje v mléčných výrobcích [13].

Jsou potravinářskou aditivní látkou, slouží jako zahušťovadla a to v nejnižších stupních modifikace, ve středních jsou jako koloidní stabilizátory a v nejvyšších stupních jako plnidla a stabilizátory. Nejnižší stupeň modifikace tvoří ve studené vodě viskózní mazy. Důležitý je bod, ve kterém modifikovaný škrob ztrácí charakter polymeru a není tak schopen tvořit gel.

Hlavní výhodou enzymově modifikovaných škrobů pro potravinářské využití je schopnost vázat vodu, viskozita a chuť. Tyto látky jsou přidávány do potravin aniž by negativně ovlivnily jejich chuť a konzistenci [11].

### 3. 3. Výroba škrobových sirupů s dextrosovým ekvivalentem

Dextrosový ekvivalent bývá vyjádřen v procentech a nazývá se „stupeň zcukření“. Rozumí se tím procentický obsah všech redukujících látek, vyjádřených jako glukosa v sušině hydrolyzátu [17]. Stanoví se některou z reduktometrických metod, kdy se zjištěný obsah redukujících látek přepočte podle tabulek na odpovídající obsah glukosy. Proto se také někdy DE nazývá „zdánlivý obsah glukosy“.

Hydrolyzáty škrobu DE jsou v rozmezí 20-100, kde odbourané škroby s DE menší než 20 řadíme mezi škroby modifikované. Škrobové sirupy o koncentraci 70-80 % sušiny s DE 25 se nazývají „nízkozcukřené“, s DE 45 jsou „středně zcukřené“ a s DE 55 jsou „vysokozcukřené“. Sirupy, které byly získány kyselou hydrolyzou jsou odstředovány s DE 96-98.

Fruktosové sirupy jsou získány z glukosových sirupů s DE 96-97 působením enzymu glukosoisomerasa a obsahují asi 53 % fruktosy a 45 % glukosy.

Cyklodextriny se připravují hydrolyzou amyloextrinů s DE < 10 působením cyklodextringlykosyltransferasy [8].

Maltodextrin je nesladký hydrolyzáat s DE < 20 [18].

Škrobový sirup : vyčištěný a koncentrovaný vodný roztok cukrů vhodných k výživě, získaných ze škrobu, s těmito vlastnostmi :

- a) sušina – nejméně 70 % hmot.,
- b) dextrosový ekvivalent – nejméně 20 % hmot. Sušiny
- c) síranový popel – nejvýše 1 % hmot. Sušiny

Sušený škrobový sirup: částečně vysušený škrobový sirup s nejméně 93 % hmot. sušiny

a musí splňovat požadavky jako škrobový sirup a, b, c [19].

Glukosové sirupy jsou sladké vodní roztoky sacharidů připravované částečnou hydrolýzou škrobu. V závislosti na stupni hydrolýzy obsahují určité množství glukosy. Glukosové sirupy se užívají jako sladidlo v cukrovinkářském průmyslu, ve výrobě nealkoholických nápojů a jsou i surovinou pro získávání alkoholu [20].

## 4. VÝROBKY ZE ŠKROBU

### 4. 1. Škrobové deriváty, jejich vlastnosti a využití

Modifikované škroby lze vyrábět chemickou cestou, získání degradovaných škrobů nebo oxidovaných škrobů, pomocí enzymů za vzniku maltodextrinů. Nebo fyzikální cestou, kterou získáme termicky upravené a extrudované škroby .

#### 4. 1. 1. Chemicky degradované škroby

Modifikace se provádí suspenzi škrobu přidavkem minerálních kyselin ( chlorovodíková a sírová kyselina) nebo solí ( NaCl ) za mírně zvýšených teplot 35-52°C po dobu 2-10 hodin. Cílem je slabá hydrolyza škrobu, která je spojená se snížením stupně amylosy a amylopektinu škrobových zrn. Za horka poskytují nízkoviskózní vodné roztoky, také při vyšších koncentracích, které po ochlazení vytvářejí pevný gel. Tyto úpravy se využívají pro průmyslovou výrobu želírujících škrobů, které se také nazývají „na řídko vařivé“ [8].

#### 4. 1. 2. Enzymově degradované škroby

Enzymová modifikace se provádí se škrobem v hydratovaném ( zmazovatělem ) stavu, na který působí  $\alpha$ -amylosy při optimální teplotě a pH ( 70-80°C, pH 6,7-7,5 ). Po inaktivaci enzymu, následné rafinaci provedené odstředěním a usušením v sušárně se získá mírně hydrolyzovaný škrob nazývaný maltodextriny, který je s DE menším než 20 a molekulární hmotností větší než 10 . Jsou za normální teploty rozpustné ve vodě, důsledkem toho je snížení viskozity a polymeračního stupně [8].

#### 4. 1. 3. Oxidované škroby

V molekule škrobu lze oxidovat primárně alkoholickou skupinu na C-6 na skupiny karboxylové a sekundárně alkoholické skupiny na C-2 a C-3 na ketonické skupiny. Oxidované škroby mají sníženou viskozitu a zvýšenou disperzní stabilitu škrobového gelu

[15]. Oxidací lze získat želírující škroby, vytvářející pevné a stabilní gely se sníženou tendencí k retrogradaci [8].

Oxidační reakce lze rozdělit na neselektivní a selektivní. Neselektivní jsou oxidovány jak primárně tak sekundárně alkoholické skupiny. Mají průmyslový význam. U selektivní reakce je oxidován jen jeden typ skupiny [8].

#### 4. 1. 4. Termicky modifikované a extrudované škroby

Jejich hlavní modifikační účinek je vyvolán teplem nebo kombinací záhřevu a mechanického namáhání. Principem hydrotermických modifikací je zdárné odstranění hydratační vody ze škrobového mazu a to tak, aby se nemohly obnovit vodíkové můstky. Následkem je schopnost modifikovaného škrobu hydratovat ve studené vodě za vzniku koloidního roztoku. Tyto škroby jsou nazývány „předželatinové“ nebo „bobtnavé“.

Termicky se může modifikovat škrob nativní, tak i předem upravený. Průmyslově se používají válcové sušárny, kam je nanášena vodná suspenze škrobu. Škrob nejprve mazovatí, pak se roztírá do tenké vrstvy a hned suší. Suchý film se seřeže a upravuje mletím a vyséváním.

Termicky modifikované škroby se mohou připravovat extruzí. Škrob při průchodu extruderem je zahříván na teplotu 125-180°C. Teplo je dodáváno vyhříváním pláštěm, a také vzniká mechanickou kompresí a třením při pohybu hmoty pomocí šneku. Dochází tak k hydrataci škrobu, který je vysoce homogenní. Maz odchází z extrudéru výstupní tryskou a voda je ihned odpařena expanzí. Tento postup má ekonomické výhody, a tak je stále více používán [8].

#### 4. 1. 5. Substituované škroby

Substitucí lze upravit tyto vlastnosti škrobu, jako jsou hydratační vlastnosti ( rozpustnost), disperzní stabilita ( retrogradace ), reologické vlastnosti disperzí a chemické vlastnosti.

Kvalitativní změna vlastností je dána vlastnostmi substituentů. Velikost ( kvantita ) odpovídá množství navázané cizí látky. Důležitý je stupeň substituce, který vyjadřuje počet substituovaných skupin na jednu glukosovou jednotku škrobu [8].

#### 4. 1. 6. Estery škrobu

Principem esterifikace je reakce organické nebo anorganické kyseliny s alkoholem. Největší významy průmyslové výrobě škrobů mají acetáty a fosfáty škrobu.

Acetáty škrobu vznikají reakcí s acetanhydridem v alkalickém prostředí. Acetáty škrobu jsou za horka rozpustné ve vodě na disperze. Dalšími významnými estery jsou sukcinylovaný a xantátový škrob, které jsou vyráběny reakcí s anhydridem kyseliny jantarové.

Z anorganických esterů jsou nejdůležitější monofosfáty. Ty lze připravit reakcí se všemi druhy solí pětimocného fosforu. Průmyslová výroba spočívá v tom, že se škrob ve vodné suspenzi impregnuje fosforečnanem, pak se odstředí a vysuší. Jsou rozpustné ve studené vodě na viskózní roztoky s dobrou stabilitou [8].

#### 4. 1. 7. Škrobové ethery

Škrobové ethery ovlivňují stabilitu škrobové emulze. Jejich společným znakem je etherický charakter vazby substituentu na molekulu škrobu [15].

Vznikají třemi typy reakcí, a to nukleofilní substitucí, alkylací a adicí na nenasycené sloučeniny.

Alkylací, což je reakce se sodnou solí kyseliny monochloroctové v alkalickém prostředí, vzniká karboxymethylether škrobu. Tento derivát škrobu je značně rozpustný, příprava se tedy provádí v systémech, které mají nízký obsah vody ( práce v těstě ). Karboxymethylether škrobu ve studené vodě bobtná a vytváří plastické, viskózní roztoky s vysokou stabilitou.

Adicí na nenasycené sloučeniny se vyrábí kyanoethylether škrobu. Ve vodě tvoří disperzně stálé roztoky [8].

#### 4. 1. 8. Zesítné škroby

Vznikají esterifikační nebo etherifikační reakcí s látkami, které mají více než jednu reaktivní skupinu. Zesítnění má vliv na reologické vlastnosti a mechanickou odolnost hydratovaných disperzí škrobu [15].

Při nízkých stupních zesítnění se zvyšuje viskozita škrobových mazů, při středních se zvyšuje teplota mazovatění a plasticita mazu i v kyselém prostředí. Při vysokých stupních zesítnění se získají škroby, které neobtnají ani při bodu varu. Škrob zesítněný trimetafosfátem je jediný, který lze použít ze zdravotně hygienických důvodů v potravinářství a farmacii [8].

#### 4. 2. Použití modifikovaných škrobů v potravinářském průmyslu

V potravinářském průmyslu je využití modifikovaných škrobů nejrozmanitější, ale také fyzikálně a chemicky nejsložitější [13]. V potravinách mají nejširší použití hydrolyzátý škrobu, modifikované škroby a škroby substituované.

Škrob musí v potravinách odolávat vlivům sterilací, zmrazování, mechanickému namáhání v homogenizátorech, tepelným šokům. Požadavky na potravinářské modifikované škroby :

1. Musí být stabilní vůči vlivům :

- vysokých teplot (sterilace, pečení, vaření),
- nízkých teplot (zmrazování),
- mechanického namáhání (mísení, homogenizace, plnění obalů),
- chemickým .

2. Musí v potravině bránit dělení fází :

- vločkování (koagulace),
- synerezi (uvolňování syrovátky),
- nesmí retrogradovat.

3. Musí mít zahušťovací schopnost.

4. Musí tvořit co možná čiré pasty a gely.

[13]

#### 4. 2. 1. Mlékárenský průmysl

Je u nás největším spotřebitelem potravinářských modifikovaných škrobů.

Výroba suchých instantních polotovarů pro cukrářské krémy a zmrzliny je založena na míchání sušeného mléka, cukru, arómat a barviv, potřebuje za studena hydratující zahušťovadlo a stabilizátor. K těmto účelům se vyrábějí termicky modifikované škroby, termicky modifikované zesítené škroby a enzymově modifikované škroby. Je nutné kombinovat viskózní zahušťovadlo (zesítený termicky modifikovaný škrob) s odbouraným škrobem (enzymově). Odbouraný škrob dává hotové potravíně lesk a hladkost.

Kysané mléčné výrobky, což jsou krémovité smetany a jogurty, potřebují stabilizátor a látku schopnou vázat přebytečnou vodu. Struktura kysaných výrobků je velmi jemná a vyžaduje velmi nízkoviskózní pomocnou látku. Struktura gelu kaseinu nesmí být porušena viskozitou přítomného škrobu. Tyto výrobky nejsou aromatizovány ani přichucovány. Do této oblasti mlékárenské výroby se hodí enzymově modifikované škroby, které jsou chuťově přijatelné, ale hlavně jejich přítomnost nenarušuje danou strukturu a konzistenci tohoto mléčného výrobku.

Termizované tvarohové výrobky, které vyžadují termostabilní a mechanicky odolné vysokoviskózní zahušťovadlo a pomocný stabilizátor. Modifikovaný škrob v těchto výrobcích, které se připravují mixováním za vysoké teploty, plní dva úkoly. Za prvé působí jako plastické zahušťovadlo pro plnění do obalů v automatické plničce. Aby mohl škrob plnit zahušťovací princip, musí odolat mechanickému a tepelnému namáhání v terminační fázi. Druhým úkolem škrobu je stabilizace systému termizovaného tvarohu při skladování a dopravě. Trvale musí vázat přebytečnou vodu. Na výrobu těchto výrobků se používají termicky modifikované škroby, zejména na bázi směsí bramborového a pšeničného škrobu. Bramborová složka se rozruší a tak zvýší se rozpustnost a plní funkci nízkoviskózního stabilizátoru. Pšeničná složka je schopna překonat mechanický a termický zásah. Pro terminované výrobky je optimální kombinace zesíteného a enzymově modifikovaného škrobu.

Mrazené smetanové krémy jsou našlehané, slazené smetanové krémy, zmrazené na teplotu – 20 °C. Nejvhodnější stabilizátorem těchto výrobků je želatina alginát sodný. Tyto stabilizátory jsou ve velkovýrobnách nahrazeny modifikovaným škrobem. Je výhodné, jestli škrob vytvoří v pěně mrazeného krému vlastní gelovou strukturu. Nejvíce se používají na výrobu těchto výrobků oxidované škroby želírujícího typu. Výhodnější bývá, ale použití kombinace disperzně stabilního derivátu (např. karboxymethylškrob) s oxidovaným škrobem, protože hydrofilní deriváty zvyšují odolnost vůči mrazu. Přídavky škrobů do mražených krémů se pohybují kolem 0,5 % až 1 % z celkové hmoty, tedy jejich přídavek je velmi nízký.

V mlékárenství se modifikované škroby používají také jako pomocná zahušťovadla instantních kaší pro dětskou výživu, potom jako látka vázající vodu v jemných tvarohových sýrech a nízkokalorických máslech a pomazánkách. Pro tyto výrobky se používají enzymově modifikované škroby [13].

#### 4. 2. 2. Pekárenský průmysl

Modifikované škroby se používají nejčastěji na výrobu pečiva a chleba, v nichž škrob může působit jako regulátor distribuce vody ve střídě. Výsledkem je pak prodloužení trvanlivosti. Do pekařských výrobků se používají oxidované škroby. Oxidací se totiž může na škrobové makromolekule vytvořit velký počet karbonylových skupin, které jsou schopny reagovat při pečení s aminoskupinami lepku. Škrob pak v těstě zvyšuje elasticitu lepkové složky mouky. Používá se tedy do pekařsky slabých mouk jako zlepšující přísada.

Modifikované škroby se používají jako zahušťovadla náplní koláčů a buchet. Tato výroba se bez vhodných zahušťovadel nemůže vypořádat s problémem vytékání náplně při pečení na plechy nebo pečící pásy. Při zahušťování náplní nestačí jen jeden typ modifikace, musí být použita kombinace s dvěma různými teplotami nárůstu viskozity při hydrataci. K těmto účelům se hodí běžný termicky modifikovaný pšeničný škrob ve směsi s nativním škrobem kukuřičným nebo s mírně odbouraným kukuřičným škrobem [13].



### 4. 2. 3. Cukrovarnický průmysl

Dříve se při výrobě řepného cukru modifikované škroby neuplatňovaly. V dnešní době je tomu jinak. Předně se modifikované škroby uplatňují jako flokulanty při epuraci šťáv. Termicky modifikovaný bramborový škrob zvyšuje rychlost sedimentace saturovaných šťáv na dvojnásobek.

Druhým uplatněním škrobů v cukrovarnictví je omezování tvrdnutí cukrové moučky. Při mletí se uvolňuje voda, která přechází ve hmotě práškového cukru. Cukrová moučka přijímá vnější vlhkost. A práškový cukr velmi rychle v obalech tuhne v pevnou hmotu. Tuhnutí se zabrání malým přídatkem, kolem 0,5 %, speciálního termicky modifikovaného škrobu [13].

### 4. 2. 4. Výroba cukrovinek

Při výrobě cukrovinek typu „želé“ je možné nahradit oxidovaným škrobem cca 30 % želatiny. Hydrolyzovaný kukuřičný škrob je jednou ze surovin pro čisté škrobové želé [11]. Podobně jsou využívány škrobové sirupy pro výrobu fondánu [8].

### 4. 2. 5. Konzervářský průmysl

U škrobových aditiv, hlavně tedy zahušťovadel do kečupů a marmelád, se požaduje vysoká tepelná odolnost a chemická stabilita. Důvodem je nízké pH konečných výrobků a jejich závěrečná tepelná úprava, což je sterilace. Tyto vlastnosti mají škroby amylopektonového typu a škroby zesítené. Pro mrazírenské účely se jako vodovazné prostředky užívají škroby amylopektonového typu, které prošly termickou úpravou, karboxymethylether škrobu, monofosforečný ester škrobu a mírně enzymově odbouraný zesítený škrob, které nevykazují retrogradaci ani při hlubokém zmrazení pod  $-20^{\circ}\text{C}$ . Nízkorozpustné dextriny se používají k úpravě textury předsmažených zmrazených výrobků [8].

### 4. 2. 6. Ostatní použití v potravinářství

Termicky a enzymově modifikované škroby, popř. zesítené škroby, se používají jako náhrada oleje pro výrobu nízkoenergetických majonéz.

Jako zahušřovadla a vodovazné prostředky, rozpustné při snížené teplotě, jsou pro výrobu instantních a dehydratovaných potravin (polévek, směsi pro výrobu moučníků, limonády v prášku) využívány termicky a enzymově modifikované škroby, popř. odbourané, termicky modifikované zesítené škroby (instantní pudinky).

Škrobové sirupy, zejména glukoso-fruktosové, se používají jako náhrada sacharosy při výrobě nealko nápojů, ovocných sirupů a džemů.

Škrobové sirupy a maltodextriny nahrazují tuky při výrobě nízkenergetických potravin.

Cyklodextriny se používají jako nosiče aromatických látek [8].

## 5. REOLOGICKÉ VLASTNOSTI

Reologické vlastnosti potravin jsou výslednicí působení řady faktorů a přídatná látka tady nemá rozhodující podíl. Jejich významné působení lze použít pouze do zahušťovacích omáček, nápojů [11].

Pro zahušťovací účely má škrobová látka viskoplastický tok. Tuto vlastnost mají termicky modifikované škroby a zesítené škroby.

### 5. 1 Viskozita

Viskozita škrobu souvisí s polymeračním stupněm. Lze zvýšit síťováním škrobu do velmi nízkého polymeračního stupně. Viskozita je protikladem rozpustnosti škrobu [11].

### 5. 2 Plasticita

Plasticita je v potravinářském průmyslu škrobů vždy vítána. Plastický tok je systém, který obsahuje částice ( nabobtnalá zrna ). Pokud dojde k tomu, že nabobtnalá škrobová zrna se mechanicky nebo tepelně rozruší, nelze pak plasticity docílit [11].

## 6. PRINCIP RETROGRADAČNÍCH PROCESŮ

Zředěné roztoky polysacharidů škrobu podléhají změnám. Je známa nestabilita vodných roztoků amylosy, které se projevují přechodem rozpuštěné amylosy na nerozpustnou formu. Tento přechod se nazývá retrogradace. V roztoku nastává agregace lineárních molekul. V procesu probíhá několik stadií. V prvním, které probíhá poměrně pomalu, si amylosa zachovává sorpci jodu a nemění se analyticky stanovená koncentrace [21]. Je pozorovatelný nárůst relativní molekulové hmotnosti, což svědčí o průběhu koagulace. Proces je provázen vznikem opalescence až zákalu, tak i poklesem sorpce jodu.

Ve druhé části retrogradace probíhá růst vyloučených center adicí molekul z roztoku na povrch částic. Nezávisí na koncentraci amylosy, ale jen na povrchu tuhé fáze a poměrně rychle končí vyloučením veškeré amylosy z roztoku.

Amylopektin může také retrogradovat, ale průběh je velmi pomalý. Obecně ale amylopektin s rozvětvenou strukturou nemá tendenci retrogradovat a tvoří poměrně stálé disperze. Škrobové soly jsou tedy roztoky nestabilní amylosy, které jsou peptidované přítomností koloidně amylopektinové frakce. Nestabilita škrobových solů je způsobena přítomností lineární složky a při retrogradaci se v prvních vyloučených podílech nachází hlavně amylosa. Amylopektin je vždy se směsí s amylosou a retrograduje později.

Retrogradovaný škrob málo bobtná, obtížně se disperguje zahříváním. Do roztoku jej lze přidat po předchozím vysušení. Retrogradovaný materiál je rezistentní vůči působení amylas i hydrolýze kyselinami, ztrácí schopnost tvorby modrého komplexu s jodem [12], [22].

Cereální škroby slabě dispergují, nejrychleji retrogradují. Hlízové škroby retrogradují pomalu. Průběh retrogradace zrychluje nízká teplota, vysoká koncentrace, nízké pH. Zvýšení nebo snížení retrogradace způsobují anorganické soli nebo organické látky, jako rozpouštědla a povrchově aktivní látky [11].

Nejvýraznější a dobrý vliv má na retrogradaci relativní molekulová hmotnost amylosy. Nejrychleji retrogradace probíhá při určitém polymeračním stupni. Velmi krátké řetězce jsou rozpustnější a tvoří dostatečně velké částice a průběh retrogradace trvá déle.

Průběh retrogradace, charakteristický vznikem tuhého gelu ochlazením koncentrovaného roztoku, je typický pro odbourané škroby, zejména pro škroby odbourané kyselou nebo enzymovou hydrolýzou [22].

Retrogradace škrobu má výjimečný průmyslový význam. Na jedné straně je úmyslně modifikačními postupy podporována (výroba želírujících modifikovaných škrobů), na druhé straně je potlačována (zejména na účely pojivé a zahušťovací, kde disperzní stabilita je základem účinku škrobové látky v aplikaci) [23].

Je známo, že oba procesy mohou probíhat současně. Jedná se o stárnutí a kalení škrobových gelů. Rozdíl je jen v rychlosti obou dějů. Tvorba gelu probíhá velmi rychle, naproti tomu postupná asociace za vzniku agregátů, které mění jeho elastické vlastnosti probíhá velmi pomalu [13].

## ZÁVĚR

Škrob je bílý, ve studené vodě nerozpustný prášek. Jedná se o rezervní polysacharid, který tvoří v živých systémech zásobu energie, kterou lze uvolnit jeho odbouráním. Škrob některých rostlin slouží jako škrobářenská surovina a využívá se v mnoha průmyslových odvětvích, zvláště pak ve výrobcích ze škrobu.

Má specifický charakter pro různé rostliny a podle toho se může dělit na škrob bramborový, pšeničný a kukuřičný.

Skládá se ze dvou složek, které jsou po fyzikální a chemické stránce odlišné, tzv. amylozy a amylopektinu. Amylosa se v horké vodě rozpouští a prochází filtrem. Její roztoky jsou nestálé a snadno podléhají retrogradaci. Amylopektin je v nerozpustný v horké vodě, jen bobtná, rosolovává a dává viskózní roztoky.

Ze škrobu se chemickou cestou vyrábí modifikované škroby, degradované nebo oxidované, a nebo také cestou fyzikální, kterou se připravují termicky upravené a extrudované škroby. Všechny tyto modifikované škroby mají zachovánu alespoň jednu původní charakteristickou vlastnost škrobu. Modifikované škroby lze používat jako zahušťovadla, stabilizátory a emulgátory. Schopností modifikovaných škrobů je vytvářet gely, např. u výrobků jako je škrobové želé, gumovité cukrovinky. Kromě těchto výrobků se používá také při výrobě mléčných výrobků a to je termizovaných, dále v pekařství, cukrovarnictví a konzervářství.

Zředěné roztoky polysacharidů škrobu podléhají změnám a to retrogradačním. Vlivem retrogradace dochází k nestabilitě vodných roztoků amylozy, které přechází na nerozpustnou formu.

Proces retrogradace má charakteristický vznik tuhého gelu, který je typický pro odbourané škroby. Tyto škroby mají význam pro výrobu želírujících modifikovaných škrobů, ale se také jako látky pojivové a zahušťující.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] Ingr, I. a kolektiv: Zpracování zemědělských produktů. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno, 2001
- [2] [www.ifr.ac.uk](http://www.ifr.ac.uk), (starch, modified starch), 10. 4. 2007
- [3] [www.knovel.com](http://www.knovel.com), Food Chemicals Codex, 5th Edition, Copyright © 2003 National Academies Press, 10. 4. 2007
- [4] [http://kalch.upce.cz/add\\_on/potech10.pdf](http://kalch.upce.cz/add_on/potech10.pdf), 18. 5. 2007
- [5] [http://www.vscht.cz/main/soucasti/fakulty/fpbt/grant\\_TRP/dokumenty/06.pdf](http://www.vscht.cz/main/soucasti/fakulty/fpbt/grant_TRP/dokumenty/06.pdf), Ing. Marcela Sluková, Ph.D., Ústav chemie a technologie sacharidů, Zaměření: cereální chemie a technologie, 18. 5. 2007
- [6] <http://www.sweb.cz/naturstoff/chemdir/polysach.html>, 13. 5. 2007
- [7] [www.old.fle.czu.cz/.../KEZP/SEZ-ZP-Vyroba-SpecHG/01-SemPrace-Info-AEIII-AEIV-06-07/ZP-VyrobaSkrobu.ppt](http://www.old.fle.czu.cz/.../KEZP/SEZ-ZP-Vyroba-SpecHG/01-SemPrace-Info-AEIII-AEIV-06-07/ZP-VyrobaSkrobu.ppt), Technologie výroby škrobu, 18. 5. 2007
- [8] Pelikán, M., Sáková, L.: Jakost a zpracování rostlinných produktů. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, České Budějovice, 2001
- [9] [www.en.wikipedia.org/wiki/Modified\\_starch](http://www.en.wikipedia.org/wiki/Modified_starch)
- [10] <http://st.vse.cz/prace/mg.doc>, Potravinová aditiva, 18. 5. 2007
- [11] Kodet, J., Štěrbá, S., Šlechta, L.: Modifikované škroby. VÚPP – Středisko technických informací potravinářského průmyslu, Praha, 1982, stran 167
- [12] [www.knovel.com](http://www.knovel.com), Principles of Food Chemistry (3rd Edition), By: deMan, John M. © 1999 Springer – Verlag, 10. 4. 2007
- [13] Kodet, J., Babor, K.: Modifikované škroby, dextriny a lepidla. SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha, 1991, str. 326
- [14] <http://derewi.blog.cz/ecka-1>, Anorexie, bulimie a jiné zkázy, 18. 5. 2007
- [15] Hrabě, J., Rop, O., Hoza, I.: Technologie výroby potravin rostlinného původu. Zlín, UTB – Academia centrum Zlín, 2006
- [16] [http://www.foodnet.cz/files/File/2006/OP\\_12.doc](http://www.foodnet.cz/files/File/2006/OP_12.doc), Oborová příručka, Výroba škrobárenských výrobků pro nepotravinářské účely, 18. 5. 2007

- [17] <http://www.szpi.gov.cz/cze/article.asp7>, 13. 5. 2007
- [18] <http://www.vscht.cz/lam/new/VKzCHPrirL9.pdf>, Oligo- a polysacharidy rostlinného a živočišného původu, 18. 5. 2007
- [19] <http://isap.vlada.cz/Kopie/revize.nsf/>, Směrnice rady 2001/111/ES o některých druzích cukru určených k lidské spotřebě, 18. 5. 2007
- [20] <http://www.vupp.cz/czvupp/aktualit/foodtoday/ftoday55.htm>, European food information council newstletter, 18. 5. 2007
- [21] Babor, K., Kaláč, V.: Chemické zvěsti 23, 1969, str. 134
- [22] [www.knovel.com](http://www.knovel.com), Retrogradation, 10. 4. 2007
- [23] <http://sci-toys.com/ingredients/starch.html>, 10. 4. 2007
- [24] <http://www.krnovskrob.cz/produkty.php>, 10. 4. 2007
- [25] [www.knovel.com](http://www.knovel.com), Food chemicals codex, 10. 4. 2007



## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P 1 Seznam použitých škrobů v potravinářství

## **PŘÍLOHA P I: SEZNAM POUŽITÝCH ŠKROBŮ V POTRAVINÁŘSTVÍ**

Seznam škrobů modifikovaných - rozpustných za studena:

### **Škrob pšeničný bobtnavý**

- rozpustný za studena

### **Škrob bramborový bobtnavý**

- rozpustný za studena, výroba zmrzlin

### **Moramyl E**

- (E 1410 pšeničný), vysoká vaznost vody, konzervárenství, kečupy, pomazánky atd.

### **Moramyl EB**

- (E 1410 bramborový), při výrobě zmrzlin, kečupy, majonézy, dressingy

### **Moramyl VP**

- (vláknina), paštiky, párky, salámy atd.

### **Moramyl ZB**

- (E 1412 bramborový), majonézy, paštiky, konzervy, náplně

### **Moramix**

- při výrobě uzenin - do kutrovacích zařízení

### **Solvarin M 20**

- (směs termicky upravených škrobů), rozpustný za studena, bezlepkové těsto

### **Amylín M 30 (výchozí surovina - škrob bramborový)**

- proti hrudkovatění meliva

### **Amylín MP 30 (výchozí surovina - škrob pšeničný)**

- proti hrudkovatění meliva

### **Amylín MK 20 (výchozí surovina - škrob kukuřičný)**

- proti hrudkovatění meliva

### **Tritest B - pšeničný**

- termicky modifikovaný, pojivo při výrobě briket atd.

### **Tritest AB**

- pojivo

### Seznam škrobů modifikovaných - rozpustných za tepla:

#### **Moramyl ZBH**

- (E 1412 bramborový), marmelády, dresingy, masná výroba

#### **Moramyl AD-BH**

- (E 1422 bramborový), stabilizátor, zahušťovadlo, odolný vůči retrogradaci, marmelády, kečupy

#### **Moramyl AD-PH**

- (E 1422 pšeničný), stabilizátor, zahušťovadlo, dresingy, marmelády, kečupy

#### **Moramyl OXB**

- (E 1404 bramborový), v papírenství

### Seznam produktů pro cukrářství:

#### **Škrob pšeničný - nativní**

- zahušťovadlo, při výrobě oplatků

#### **Moramyl EB**

- (E 1410 bramborový), při výrobě zmrzlin

#### **Pšeničná bílkovina vitální (lepek)**

- protein, při výrobě oplatků (křehkost)

#### **Sirup škrobový - maltózový**

- cukrovinky (lízátka, bonbóny...)

#### **Sirup škrobový - glukózový**

- cukrovinky (lízátka, bonbóny...)

#### **Krémový prášek**

- výroba krémů

## **Krémový prášek vanilkový**

- výroba krémů

### Seznam produktů pro cukrovary:

#### **Amylín M 30 (výchozí surovina - škrob bramborový)**

- proti hrudkovatění meliva

#### **Amylín MP 30 (výchozí surovina - škrob pšeničný)**

- proti hrudkovatění meliva

#### **Amylín MK 20 (výchozí surovina - škrob kukuřičný)**

- proti hrudkovatění meliva

### Seznam produktů pro konzervárenství:

#### **Škrob bramborový - nativní**

- zahušřovadlo

#### **Moramyl E**

- (E 1410 pšeničný), kečupy, pomazánky, majonézy, dressinky

#### **Moramyl EB**

- (E 1410 bramborový), kečupy, majonézy, dressinky

#### **Moramyl ZB**

- (E 1412 bramborový), majonézy, dressinky

#### **Moramyl ZBH**

- (E 1412 bramborový), marmelády, dressinky, paštiky

#### **Moramyl AD-BH**

- (E 1422 bramborový), stabilizátor, odolný vůči retrogradaci, marmelády, kečupy

#### **Moramyl AD-PH**

- (E 1422 pšeničný), stabilizátor, zahušřovadlo, dressinky, marmelády, kečupy

### Seznam produktů pro masnou výrobu:

**Škrob pšeničný - nativní**

- zahušťovadlo

**Škrob bramborový - nativní**

- zahušťovadlo

**Moramyl E**

- (E 1410 pšeničný), vysoká vaznost vody, masové pomazánky

**Moramyl VP**

- (vláknina), paštiky, párky, salámy atd.

**Moramyl ZB**

- (E 1412 bramborový), paštiky

**Moramyl ZBH**

- (E 1412 bramborový), zahušťovadlo

**Moramix**

- při výrobě uzenin - do kutrovacích zařízení

**Moramyl AD-BH**

- (E 1422 bramborový), stabilizátor, zahušťovadlo

**Moramyl AD-PH**

- (E 1422 pšeničný), stabilizátor, zahušťovadlo, odolný vůči retrogradaci

Seznam produktů pro mléčné výrobky:**Moramyl VP**

- vláknina při výrobě jogurtu

Seznam produktů pro mražené výrobky:**Škrob bramborový bobtnavý**

- rozpustný za studena, výroba zmrzlin

**Solvarin M 20**

- (směs termicky upravených škrobů), rozpustný za studena