

MORFOLOGIE, CHEMICKÁ STRUKTURA, VLASTNOSTI A MOŽNOST VYUŽITÍ PŠENIČNÉHO B-ŠKROBU

EVŽEN ŠÁRKA a ZDENĚK BUBNÍK

Ústav chemie a technologie sacharidů, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Technická 5, 166 28 Praha 6
evzen.sarka@vscht.cz

Došlo 28.4.09, přijato 9.7.09.

Klíčová slova: B-škrob, amylosa, amylopektin, škrobová zrna, mazovatění, hydrolýza

Obsah

1. Úvod
2. Rozdělení velikosti škrobových zrn
3. Měrný povrch
4. Obsah amylosy, chemická struktura a ultrastruktura amylopektinu
5. Dopad struktury amylopektinu na vnitřní uspořádání škrobových zrn
6. Lipidové komplexy
7. Krystalinita
8. Parametry mazovatění
9. B-škrob v průmyslové výrobě
 - 9.1. Jemnozrnný škrob jako produkt
 - 9.2. Průmyslová hydrolýza jemnozrnného škrobu
 - 9.3. Možnost chemické modifikace jemnozrnného škrobu

10. Aplikační možnosti jemnozrnného škrobu (vedlejšího produktu)

10.1. Potravinářské a krmivářské využití jemnozrnného škrobu

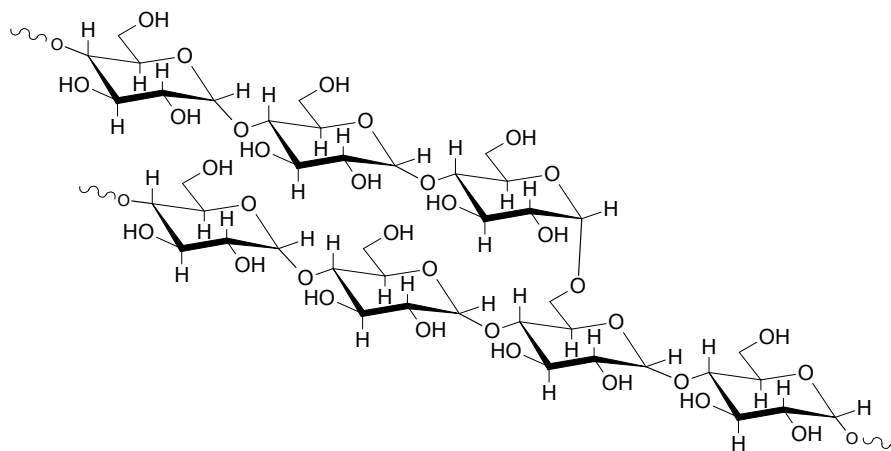
10.2. Další aplikace jemnozrnného škrobu

1. Úvod

Škrob patří mezi fyziologicky a hospodářsky nejdůležitější polysacharidy. Ukládá se v zásobních orgánech rostlin (např. hlízách brambor nebo v semenech kukuřice, pšenice a rýže) ve formě škrobových zrn, která se nerozpouštějí ve studené vodě. Hlavními složkami škrobu jsou dva α -D-glukany – lineární amylosa s α -(1 $\rightarrow$ 4) glykosidovými vazbami a větvený amylopektin, obsahující α -(1 $\rightarrow$ 4) a α -(1 $\rightarrow$ 6) vazby, kromě toho škrobová zrna obsahují i menší množství dalších složek jako jsou lipidy a proteiny.

Cereální škroby, konkrétně pšenice, ječmen, žito a tritikale, mají ve srovnání s hlízovými škroby dva odlišné typy škrobových zrn – větší zrna, označovaná též jako A-škrob, a menší zrna B-škrobu. Tato zrna se liší chemickým složením, ultrastrukturou amylopektinu, způsobem jeho uložení ve škrobovém zrnu a dalšími z toho vyplývajícími vlastnostmi.

Při zpracování pšeničné mouky na škrob se dvě velikostní skupiny škrobových zrn při rafinaci oddělují, takže výsledným produktem je komerční škrob s hlavní frakcí zrn 10–40 μ m a vedlejší produkt s menšími škrobovými zrny. Jeho využitelnost je dosud omezená a hledají se proto další možnosti jeho použití. Podkladem pro možné aplikace jsou znalosti o chemickém složení, struktuře a dalších vlastnostech tohoto produktu.



Obr. 1. Amylopektin

V úvodu bych si dovil malou poznámku, týkající se symboliky. Historicky existuje označování škrobu jako A a B (event. C) podle velikosti škrobových zrn a s ní související kvalitou (s rozdílným obsahem lipidů a proteinů). Řetězce amylopektinu, charakterizující jeho rozvětvení, jsou v literatuře označovány rovněž jako A, B a C, což s předchozím označením nemá žádnou souvislost. Navíc i krystalinita má podobné označení – polymorfní formy jsou značeny jako A, B, C, event. V. Text článku je koncipován tak, aby při zachování zavedené tradiční symboliky nedošlo k záměně.

2. Rozdělení velikosti škrobových zrn

Jak již bylo zmíněno, velikost zrn pšeničného škrobu souvisí s jeho chemickým složením, které následně může ovlivňovat jeho funkční vlastnosti.

Ke sledování velikosti částic lze využít řadu metod např. optickou nebo elektronovou mikroskopii¹, příp. i doplněnou vyhodnocením metodou analýzy obrazu², sedimentační metody³, metodu laserové difrakce⁴, měření měrného povrchu⁵ ad.

Podle Leeba a Schumanna⁶ jsou zrna pšeničného A-škrobu čočkovitého tvaru s příčnou vzdáleností 20–30 μm . Menší B-zrna jsou kulovitá a mají průměr 2–8 μm . Fotografie skenového elektronového mikroskopu ukázaly, že pšeničný škrob má větší podíl menších zrn než je tomu u tritikale nebo ječmene⁷. Rozměr zrn pšeničného B-škrobu závisí na tvrdosti pšeničného zrna, která je důležitým parametrem při prodeji a nákupu pšenice. Některé měkké pšenice mají škrobová zrna B-škrobu i o velikosti nad 10 μm (cit.⁸). Někdy je B-škrob ještě dále dělen na dvě skupiny: menší zrna o průměru pod 2,8 μm (C-škrob) a středně velká zrna o průměru 2,8–9,9 μm (cit.⁹).

3. Měrný povrch

Pro řadu aplikací je důležitější veličinou než velikost částic měrný povrch, který určuje přenos energie i hmoty. Stanovuje se např. metodou BET, která používá pro své měření adsorpční izotermu dusíku⁵. Měrný povrch je úzce spjat s velikostí částic a jejich hustotou. Pro A- a B-škrobová zrna se vzhledem k jejich velikosti pochopitelně liší. Je definován:

$$s_{\text{sp}} = \Sigma S_i / m \quad (1)$$

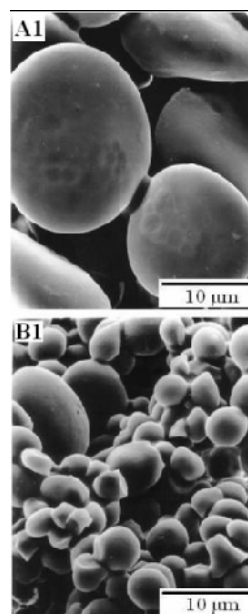
kde ΣS_i je součet povrchu jednotlivých částic a m je jejich celková hmotnost. Rovnici (1) lze dále pro homogenní částice upravit:

$$s_{\text{sp}} = \Sigma S_i / (\rho_s \cdot \Sigma V_i) \quad (2)$$

kde ΣV_i je součet objemů jednotlivých částic.

Pokud by šlo o monodisperzní systém a předpokládali bychom kulovité částice, pak:

$$s_{\text{sp}} = \frac{\pi d_s^2}{\rho_s \cdot \frac{\pi}{6} \cdot d_s^3} = \frac{6}{\rho_s \cdot d_s} \quad (3)$$



Obr. 2. Fotografie skenového elektronového mikroskopu nativního pšeničného škrobu podle Van Hunga a Mority¹²

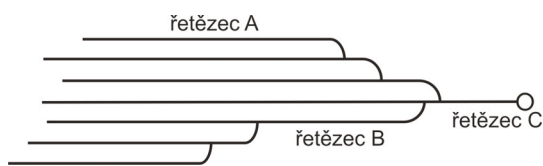
kde d_s označuje průměr částice, ρ_s – hustota částice. Pokud bychom dále uvažovali velikost škrobového zrna 20 μm , hustotu škrobu 1600 kg m^{-3} , vyšel by podle rovnice (3) měrný mezifázový povrch 188 $\text{m}^2 \text{kg}^{-1}$. Pro průměr zrna 5 μm podobnou kalkulací vychází 750 $\text{m}^2 \text{kg}^{-1}$.

Tento přibližný propočet je ve velmi dobré shodě (zvláště pro kulovitá zrna B-škrobu) s naměřenými údaji Morrisona¹¹ pro specifický povrch zrn A-škrobu 240 až 280 $\text{m}^2 \text{kg}^{-1}$ a pro B-škrob 700–760 $\text{m}^2 \text{kg}^{-1}$. To potvrzuje, že škrobová zrna mají hladký, téměř neporézní povrch, podle fotografií elektronového mikroskopu jen s občasnými dutinami (viz obr. 2).

4. Obsah amylosy, chemická struktura a ultrastruktura amylopektinu

Obsah amylosy (jde o podíl amylosy v celkovém obsahu škrobu), může být stanoven několika způsoby. Tzv. zdánlivý obsah amylosy se stanovuje měřením jodové afinity škrobů zbavených lipidů pomocí dimethylsulfoxidu s využitím potenciometrického autotitrátoru¹³. Tzv. absolutní obsah amylosy se určí metodou Takedy a spol.¹⁴ odečtením afinity jodu amylopektinu od hodnoty afinity celkového škrobu zbaveného lipidů. Jinou možností stanovení amylosy je použití enzymových setů^{15–17}.

Údaje o obsahu amylosy pro zrna B-škrobu se u různých autorů liší. Podle Eliassona¹⁸ mají tato zrna nižší obsah amylosy než je tomu u zrn A-škrobu; podobně Ao a Jane⁷ zjistili absolutní obsah amylosy u zrn A-škrobu ve výši 30,9 %, zatímco B-zrna dosahovala hodnoty 25,5 %. Salman a spol.¹⁹ ale naopak žádné významné rozdíly



Obr. 3. Schématická struktura amylopektinu

v obsahu amylosy pro různé typy škrobových zrn ani kolorimetricky ani enzymově neprokázali.

V běžně užívané nomenklatuře větvení amylopektinu podle Peata a spol.²⁰ jsou A-řetězce amylopektinu definovány jako nerozvětvené, na rozdíl od B-řetězců, na které jsou vazbou α -(1→6) navázány další A nebo B-řetězce. Makromolekula také obsahuje C-řetězec, který nese jedinou koncovou redukující skupinu. U amylopektinu krátké řetězce vytvářejí shluky (klastry), jednotky těchto klastrů jsou vzájemně propojeny delšími řetězci²¹. Zjednodušeně ukazuje toto uspořádání obr. 3, rovné linie zde představují glykosidové vazby α -(1→4) a rozvětvení vazby α -(1→6).

Při hledání struktury amylopektinu se nejprve oddělí jednotlivé řetězce isoamylasou. Délka řetězců amylopektinu je následně analyzována metodou Wonga a Jane²² vysokorychlostní aniontovou kapalinovou chromatografií vybavenou on-line amyloglukosidasovým reaktorem s pulsní amperometrickou detekcí (HPAEC-ENZ-PAD).

Podle Ao a Jane⁷ mají zrna pšeničného B-škrobu kratší řetězce (řetězce A a B₁ o polymeračním stupni (DP) 6 až 12 glukosových jednotek – 25,2 %, o DP 13–24, 46,8 %), a ne tak dlouhé řetězce B₂ (DP > 37) jak je tomu u A-škrobu (DP 6–12, 21,8 % a DP 13–24, 43,3 %). Pšeničný B-škrob se skládá z rozvětvenějších řetězců o DP 6–25 a obsahuje jen malý podíl řetězců o DP ≥ 26. Tedy A-škrob obsahuje více řetězců B₂, ale méně krátkých řetězců A a B₁, než B-škrob.

Podobně i Salman a spol.¹⁹ zjistili, že poměr řetězců s DP 6–12 je nižší u A-škrobu než u B-škrobu, zatímco střední a dlouhé řetězce jsou hojnější u zrn A-škrobu. Také Sahlström a spol.²⁴ konstatují, že malé částice obsahují větší podíl nejkratších amylopektinových řetězců (DP < 8).

Oproti tomu podle Vermeylena a spol.²⁷ krátké a středně dlouhé řetězce s DP 8–24 jsou častější ve frakcích malých částic, zatímco velmi krátké (DP < 8) a dlouhé (DP 25–60) řetězce byly více zastoupeny u velkých částic. To je v souladu s předchozím zjištěním Tanga a spol.²⁵.

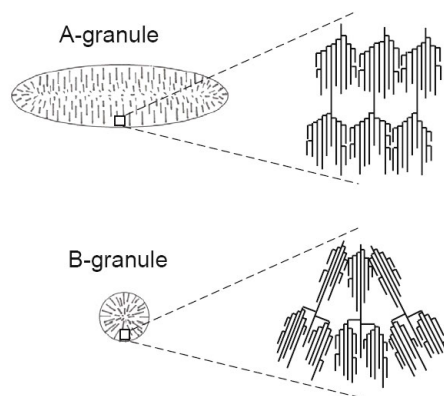
V oblasti neredukujících konců a ve střední části řetězců amylopektinu se tvoří antiparalelní dvojité šroubovice s uspořádanou (krystalovou) třírozměrnou strukturou²⁶. Podle Vermeylena a spol.²⁷ jsou tyto dvojité šroubovice spojené s kostrou amylopektinu kratší u malých škrobových zrn.

5. Dopad struktury amylopektinu na vnitřní uspořádání škrobových zrn

Předpokládá se, že zrna A a B-škrobu mají ve vnitřní struktuře jinak uspořádanou amylosu a amylopektin. Výzkum optických map ukázal, že u čočkovitých zrn A-škrobu tritikale, pšenice a ječmene jsou molekuly amylopektinu orientovány kolmo na osovou rovinu škrobového zrna a jsou uspořádány rovnoběžně²⁸. Molekuly amylopektinu, které obsahují více řetězců B₂, ale méně kratších řetězců A a B₁, jsou válcovitého tvaru, což umožňuje jejich snadnější uspořádání do rovnoběžného uspořádání v čočkovitém škrobovém zrně (obr. 4). Toto uspořádání má i za následek vytvoření rýhy na okraji osově roviny.

Na druhé straně amylopektin u B-škrobu, u kterého můžeme předpokládat větší podíl krátkých řetězců (řetězce A a B₁) a menším podíl řetězců B₂, má kónický tvar, který může být snadno zařazen do kulovitého škrobového zrna.

Paralelní uspořádání válcovitých molekul amylopektinu u A-škrobu by mohlo vysvětlovat vyšší podíl krystalinity než je tomu u kónicky tvarovaného amylopektinu u zrn B-škrobu⁷.

Obr. 4. Struktura škrobového zrna A- a B-škrobu a molekulární struktura podle Ao a Jane⁷, zveřejněno se souhlasem Jane

Podle Jane²⁹ kulovité částice B-škrobu, vázané pomocí proteinů a různých polysacharidů, obsahují mimo to uvnitř škrobového zrna propojené dutiny se značnou porózitou.

6. Lipidové komplexy

Zrna B-škrobu obsahují více lipidů než je tomu u A-škrobu. Lipidy vytvářejí šroubovicové komplexy s amylosou, čímž brání nabobtnání. Jde většinou o monoacyl-lysofosfolipidy³⁰.

Podle Eliassona¹⁸ je nejvýznamnější rozdíl mezi zrny A a B-škrobu v mnohem vyšší entalpii, která je způsobena

amyloso-lipidovými komplexy B-zrn. Obecně platí, že všechny nevoskové (non-waxy) cereální škroby obsahují lipidy přibližně úměrně obsahu amylosy³². Ale zrna A-škrobu *Triticaceae* obsahují více amylosy než B-zrna, a přesto menší částice obsahují více lipidů³³.

7. Krystalinita

Škrobová zrna jsou částečně krystalická a skládají se z uspořádaných oblastí, které obsahují dvojité šroubovice vytvořené z řetězců amylopektinu a z neuspořádaných amorfních oblastí. Dvojité šroubovice, které vznikají vytvořením vodíkových můstků mezi některými hydroxylovými skupinami koncových řetězců amylopektinu, se podílejí na tvorbě krystalinity škrobových zrn³⁴.

Informace o krystalinitě se získává sledováním difrakčních obrazců rentgenového záření.

Amylosa ve škrobových zrnech je amorfní, a tak zrna B-škrobu vykazují vyšší krystalinitu (35,5 %) než zrna A-škrobu (32,4 %). Běžné škroby vykazují nižší krystalinitu než škroby získané z voskových (waxy) odrůd¹.

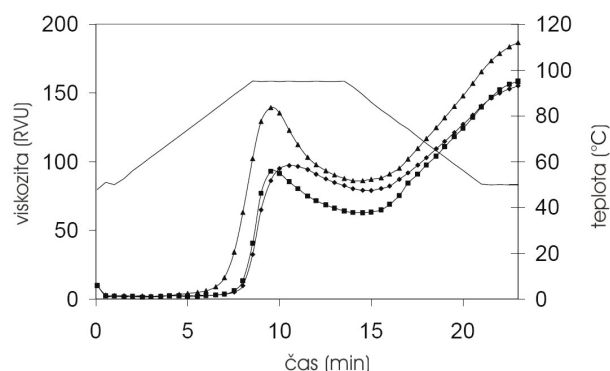
Krystalická forma A se vyskytuje u cereálních škrobů. Umístění charakteristických difrakčních píků formy A nezávisí na velikosti částic, což svědčí o rovnoměrné hustotě jednotlivých krystalitů v různých škrobových frakcích. U pšeničných škrobů se zjišťuje sekundární krystalinita formy B, která schází u malých škrobových zrn. Některé enzymy štěpící škrob jsou specificky sdruženy s velkými škrobovými zrny a scházejí ve frakcích malých škrobových zrn. Podle Vermeylena a spol.²⁷ jsou tyto enzymy snad biochemickým klíčem ke krystalinitě B velkých čokovitých zrn.

8. Parametry mazovatění

Moderní metodou pozorování tepelných vlastností nativních a retrogradovaných škrobů je diferenční skenovací kalorimetrie. Klasickou metodou je sledování průběhu viskozity suspenze. V obou případech je suspenze škrobu zahřívána s konstantním gradientem teploty na čas.

Pokud jde o parametry mazovatění nativních škrobů Van Hung a Morita³⁵ a podobně Vermeylen a spol.²⁷ zjistili, že počáteční teploty u zrn A- a B-škrobu jsou podobné, zatímco vrcholová teplota (ve středu teplot mazovatění) a koncová teplota jsou u zrn A-škrobu významně nižší než u B-škrobu. Tyto výsledky jsou v souladu s předchozím výzkumem^{36–38}. Někteří autoři však došli k odlišnému závěru; Seib³⁹ uvádí, že škrobová zrna A-škrobu mají vyšší počáteční teplotu mazovatění a nižší vrcholovou a koncovou teplotu mazovatění v porovnání s B-škrobem; Ghi-asi a spol.⁴⁰ sdělují, že obě skupiny škrobových zrn mají podobné režimy mazovatění.

V průběhu mazovatění zrna A-škrobu nabobtnávají přednostně v osově rovině, takže se zakřivují a ohýbají do charakteristického tvaru. Toto chování je společné všem



Obr. 5. Viskozitní profil pšeničného škrobu podle Ao a Jane⁷; ■ pšeničný škrob celkově, ▲ A škrob, + B škrob, — teplota

škrobovým zrnům typu A, ale nedochází k němu u zrn B-škrobu pšenice, ječmene, rýže a tritikale nebo u luštěninových, kořenových a hlízových škrobů¹¹.

Viskozitní křivky pšeničného škrobu ukazuje obr. 5. Viskozitní křivka zrn A-škrobu má vyšší vrchol – vyšší konečnou viskozitu i vyšší viskozitu při udržované konstantní teplotě, než je tomu u B-škrobu. Viskozita při ochlazování disperze A-škrobu, která odpovídá tvorbě sítí, je v porovnání s viskozitou B-škrobu rovněž vyšší. To může být vysvětleno tím, že A-škrob obsahuje více amylosy a více dlouhých řetězců amylopektinu než B-škrob⁷.

9. B-škrob v průmyslové výrobě

9.1. Jemnozrnný škrob jako produkt

Jak již bylo uvedeno, při průmyslové výrobě škrobu jsou škrobová zrna rozdělena na dvě kategorie – komerční škrob první jakosti (obsahující převážně A-škrob) a vedlejší produkt, obsahující především B-škrob. V některých učebnicích nebo ve firemní literatuře týkající se výroby škrobu se lze setkat i se zjednodušeným označením těchto produktů jako A-, B-škrob, případně ještě A-Plus nebo A-Minus škrob^{56–58}.

Důvod separace zrn A- a B-škrobu je dvojitý:

- jednak nelze jemnozrnný škrob jednoduše předsušit filtrací na vakuovém filtru (malá zrna způsobují velký odpor filtračního koláče),
- kromě toho, jak již bylo zmíněno, B-škrob má horší jakost – vyšší obsah proteinů (asi 1,1 %, cit.⁴¹), a rovněž vyšší obsah lipidů a pentosanů⁴².

Množství jemnozrnného škrobu jako vedlejšího produktu bývá v pšeničných škrobárnách ČR asi 10 % vyrobeného jakostního pšeničného škrobu.

Ve skutečnosti je podíl malých zrn v poměru ke komerčnímu produktu vyšší – např. Meusser a spol.⁴³ uvádějí hodnotu 27 % A-produktu. To je ve shodě s měřením Raeckera a spol.⁹, kteří zjistili objemové rozdělení zrn

v rozmezí 9,7–15,2 % pro zrna o průměru pod 2,8 μm , 13,4–27,9 % pro střední zrna o průměru 2,8–9,9 μm a 57,9–76,9 % pro velká zrna o průměru nad 9,9 μm .

Vysvětlení pro tento významný rozdíl není pouze jediné, ale hraje zde roli současné působení několika faktorů:

- dřívější separační technologie nedokázaly dosáhnout vysoké výtěžnosti (i malých částic),
- již dnes využívaná možnost převedení části zrn B-škrobu do komerčního produktu, resp. meziproduktu (viz dále),
- část malých škrobových částic odchází kromě do vedlejšího produktu i do jiných proudů výrobního schématu, jejichž konečným produktem jsou pentosany, odpadní voda apod.

Podle Zwitserloota⁴⁴ lze při úpravě technologie při separaci suspenzí a následné enzymové hydrolýze dosáhnout výtěžnosti škrobu z mouky 70 % a pouze 5 % jemnozrnného škrobu, tedy snížit podíl jemnozrnného škrobu na 7 % vyrobeného potravinářského škrobu.

9.2. Průmyslová hydrolýza jemnozrnného škrobu

V současnosti jsou ve světě jedním z hlavních výrobků ze škrobu škrobové hydrolyzáty (maltodextriny, glukosové, maltosové a glukoso-fruktosové sirupy). Při hydrolýze dochází působením minerální kyseliny nebo častěji pomocí enzymového zpracování ke zkrácení řetězců amylosy a amylopektinu, výsledkem štěpení je celá řada oligosacharidů (především maltosy) a glukosy. Při výrobě glukoso-fruktosových sirupů se cíleně za katalýzy glukosoisomerasou část glukosy isomerizuje na fruktosu.

Přestože již je provozně odzkoušeno využití určitého podílu menších částic k tomuto procesu, názory v odborných článcích se liší.

Yonemoto a spol.⁴⁵ uvádějí, že i přes vyšší krystalinitu jsou malé částice ochotnější k enzymové hydrolýze než ty velké, což vysvětluje jejich větším povrchem. Tyto výsledky byly potvrzeny Maneliem a spol.⁴⁶ Dextriny, které se uvolňují během hydrolýzy ze zrn B-škrobu, obsahují více lineárních řetězců a mají v průměru kratší délku, než odpovídající řetězce ze zrn A-škrobu.

Naopak Sakintuna a spol.⁴⁷ zjistili, že větší škrobová zrna (> 30 μm) jsou ochotnější k hydrolýze než menší (< 10 μm).

Robins a spol.⁴⁸ navrhli modifikaci enzymového procesu. pH suspenze jemnozrnného škrobu, která vznikne po separaci na filtračních odstředivkách, se upraví na 6,5–6,9 a přidá se α -amylasa. Poté se škrob zahřeje na 95 °C v paroproudém zahříváči a čerpá se do dvou nádrží (koagulačních tanků) s dobou zdržení 5 hodin. Vysoká teplota způsobí nabobtnání a puknutí zrn škrobu, což umožní α -amylase rozštěpit škrob do kratších řetězců. Kromě toho vyvolá koagulaci rozpustných bílkovin, které se později oddělí.

Následná filtrace, jak klasická, tak na ionexech, se zdá být hlavním problematickým bodem využití B-škrobu při enzymové hydrolýze. Kromě již uvedených proteinů

dochází k uvolňování tuků z amylaso-lipidových komplexů. Důsledkem mohou být zakalené sirupy, snížení filtrační rychlosti, zhoršení výtěžnosti³² a je potřeba počítat s vyšší spotřebou pomocného materiálu.

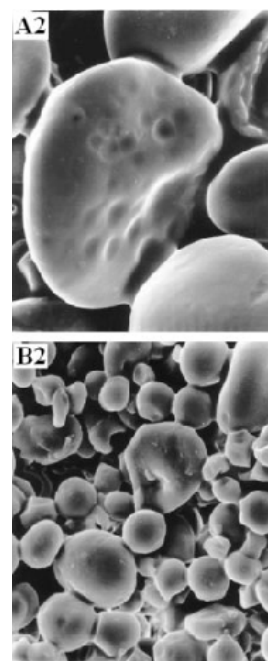
9.3. Možnost chemické modifikace jemnozrnného škrobu

Chemická modifikace škrobu se většinou provádí pod teplotou mazovatění, tedy při zachování struktury původních škrobových zrn. Toto řešení je výhodné pro separaci a další zpracování suspenze po proběhnuté reakci. Tudiž struktura zrna velmi ovlivňuje složení škrobového derivátu. Chemická činidla pronikají s různou účinností povrchem nebo kanálky dovnitř škrobových zrn. Zpravidla jsou amorfní části zrn substituovány snadněji než krystalické oblasti, přesto lze na škrobová zrna působit rozličnými technikami v závislosti na jejich architektuře, typu krystalové struktury, obsahu amylosy a přítomnosti minoritních složek.

Amylosa má sklon být substituována do vyššího stupně než amylopektin, který je přednostně substituován v rozvětvených oblastech²¹.

Jemnozrnný škrob má výhodné vlastnosti pro modifikace, kde výsledným produktem jsou škroby přizpůsobené individuálním potřebám, např. pro speciální papíry.

Větší škrobová zrna mají vyšší reaktivitu s acetanhydridem než malá. Pasty fosforylovaných zesítěných škrobů z malých částic jsou stabilnější než z velkých, zatímco pasty z acetylovaného škrobu a acetylovaného



Obr. 6. Fotografie skenového elektronového mikroskopu fosforylovaného a zesítěného A a B pšeničného škrobu podle Van Hunga a Mority¹²

zesíteného škrobu z malých a velkých částic mají podobnou odolnost vůči zmrazení a rozmrazení. Skenová elektronová mikroskopie ukazuje, že část zrn je zasažena povrchovou erozí způsobenou procesem chemické modifikace (obr. 6). Povrchy velkých zrn vykazují větší poškození po modifikaci než malá zrna. Důsledkem je, že zrna různé velikosti mají rozdílné fyzikálně-chemické vlastnosti modifikovaného škrobu¹².

Bae a spol.⁵⁰ se zabývali fyzikálními vlastnostmi extrudovaných vláken hydroxypropylovaných normálních a vysoce amylosových škrobů. Substituce zvětšila prodloužení a pružnost extrudátů. Hydroxypropylované škroby a hydroxypropylované a současně zesítené škroby z A zrn byly více substituované než z B zrn⁵¹.

10. Aplikační možnosti jemnozrnného škrobu (vedlejšího produktu)

10.1. Potravinářské a krmivářské využití jemnozrnného škrobu

Klasicky se tento nesusušený vedlejší produkt používá jako surovina pro výrobu lihu, přísad do krmiv pro dobytek nebo se aplikuje jako náhražka mléka v krmivech pro telata.

Byly hledány možnosti, zda lze jemnozrnný škrob vzhledem ke své granulometrii a chemickému složení použít i k dalšímu potravinářskému zpracování. Bylo zjištěno, že malá a větší škrobová zrna pšenice a ječmene vykazují rozdílné chování při vaření piva⁵², pečení^{24,51,53} a extruzi⁵¹. Velmi malé částice způsobují zeslabení těsta, více zastoupená zrna ovlivňují tvar první části farinografické křivky, způsobují tak delší dobu vývinu těsta, větší stabilitu, delší dobu maximálního nárůstu a vyšší číslo kvality. Čím vyšší je obsah velkých škrobových zrn (> 16 μm), tím menší je změknutí těsta a farinografická plocha. Čím větší je průměrná hodnota velikosti zrn, tím delší je doba maximálního nárůstu a menší zeslabení těsta; čím větší je nejčastěji zastoupený rozměr zrna, tím menší je stupeň zeslabení těsta a farinografická plocha⁵⁴.

Zhao a Whistler⁵⁵ referují o nosičích ochucovadel vyrobených z kulovitých agregátů škrobových zrn, tímto způsobem by tedy bylo možné v omezeném množství jemnozrnný pšeničný škrob využívat.

10.2. Další aplikace jemnozrnného škrobu

V současné době se jemnozrnný škrob používá jako pojivo ve slévárenství a k výrobě vlnitých lepenek⁴⁴.

Poměrně nová aplikace jemnozrnného škrobu je k výrobě biodegradabilních plastů. Obnovitelné materiály přitahují pozornost ze dvou hlavních důvodů: jednak ekologického a dále vzhledem k tomu, že zdroje ropy jsou časově omezené³¹. Výhodou škrobu je, že je obnovitelný, biodegradovatelný, snadno dostupný a relativně levný.

Výhodu jemnozrnného škrobu lze předpokládat

v tom, že menší zrna se v plastu lépe dispergují a jsou přístupnější pro mikroorganismy¹⁰. Tato hypotéza vychází z výzkumu Ahameda⁴⁹, který používal škrob z rostlin *Chenopodium quinoa* a *Amaranthus paniculatus* jako plnivo LDPE. Granule škrobu tohoto původu (menší než 1 μm) tvoří např. ve srovnání s kukuřičným škrobem v daném filmu lepší disperze, což vede k vyššímu sklonu k pozdější degradaci.

Bylo rovněž zjištěno, že škrobová zrna menší velikosti zlepšují tažné vlastnosti polyethylenových filmů plněných škrobem. Speciální jemné frakce pšeničného škrobu by měly vytvářet podstatně tenčí filmy, než použije-li se kukuřičný škrob²³.

Přehledný článek byl zpracován v rámci řešení grantového projektu GA ČR 525/09/0607 „Biodegradabilní kompozitní materiály na bázi B-škrobu s upotřebením v zemědělství.“

LITERATURA

1. Becker A., Hill S. E., Mitchell J. R.: *Starch/Stärke* 53, 121 (2001).
2. Šárka E., Bubník Z.: *Starch/Stärke* 61, 457 (2009).
3. Farmakis L., Sakellarakis J., Koliadima A., Gavril D., Karaïskakis G.: *Starch/Stärke* 52, 275 (2000).
4. Park S. H., Wilson J. D., Seabourn B. W.: *J. Cereal Sci.* 49, 98 (2009).
5. Otsuka M., Hasegawa H., Matsuda Y.: *Chem. Pharm. Bull.* 45, 894 (1997).
6. Leeb C. V., Schumann H. P., v knize *Product Design and Engineering. Best Practices. Volume 2, Rawmaterials, Additives and Applications* (Bröckel U., Meier W., Wagner G., ed.), kap. Starch and starch-based products. Wiley-VCH, Weinheim 2007.
7. Ao Z., Jane J.-L.: *Carbohydr. Polym.* 67, 46 (2007).
8. Bechtel D. B., Zayas I., Dempster R., Wilson J. D.: *Cereal Chem.* 70, 238 (1993).
9. Raeker M. O., Gaines C. S., Finney P. L., Donelson T.: *Cereal Chem.* 75, 721 (1998).
10. Kupec J., Charvátová K., Křesálková M.: *Chem. Listy* 97, 155 (2003).
11. Morrison W. R., v knize *Wheat is Unique* (Pomeranz Y., ed.), kap. Uniqueness of wheat starch. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota 1994.
12. Van Hung P., Morita N.: *Starch/Stärke* 57, 413 (2005).
13. Yoo S.-H., Jane J.-L.: *Carbohydr. Polym.* 49, 297 (2002).
14. Takeda C., Takeda Y., Hizukuri S.: *Cereal Chem.* 60, 212 (1983).
15. Stawski D.: *Food Chem.* 110, 777 (2008).
16. Jones A., Urban J., Copikova J.: *Biol. Plant.* 42, 303 (1999).
17. Šimková D., Papoušková L.: Enzymatic determination

- of amylose/amylopectin content in samples of winter wheat and in starch of potato varieties for industry utilisation. *Sborník 4. konference Polysacharidy/ Polysaccharides (CD-ROM), ČSCH, Praha, 13.-14.11.2008*.
18. Eliasson A.-C., v knize: *Wheat is Unique* (Pomeranz Y., ed.), kap. Characterisation of wheat starch and gluten as related to end-use properties. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota 1994.
 19. Salman H., Blazek J., Lopez-Rubio A., Gilbert E., Hanley T., Copeland L.: *Carbohydr. Polym.* 75, 420 (2009).
 20. Peat S., Whelan W. J., Thomas G. J.: *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* 1952, 4546.
 21. Bertoft E., v knize: *Starch in Food: Structure, Function and Applications*. (Eliasson A.-C., ed.) kap. Analysing starch structure. Woodhead Publishing Limited, Cambridge 2004.
 22. Wong K. S., Jane J.-L.: *J. Liq. Chromatography* 20, 297 (1997).
 23. Griffin G. J. L., v knize: *Wheat is Unique* (Pomeranz Y., ed.), kap. Wheat starch in the formulation of degradable plastics. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota 1994.
 24. Sahlström S., Bævre A. B., Bråthen E.: *J. Cereal Sci.* 37, 285 (2003).
 25. Tang H., Ando H., Watanabe K., Takeda Y., Mitsunaga T.: *Carbohydr. Res.* 330, 241 (2001).
 26. Velišek J.: *Chemie potravin 1*. OSSIS, Tábor 1999.
 27. Vermeulen R., Goderis B., Reynaers H., Delcour J. A.: *Carbohydr. Polym.* 62, 170 (2005).
 28. French D.: *Denpun Kagaku* 19, 8 (1972).
 29. Jane J.-L., v knize: *Starch. Structure and Functionality*. (Frazier P. J., Richmond P., Donald A. M., ed.), kap. Starch functionality in food processing. The Royal Society of Chemistry, Cambridge 1997.
 30. Morrison W. R.: *J. Cereal Sci.* 8, 1 (1988).
 31. Yu L., Dean K., Li L.: *Progress in Polym. Sci.* 31, 576 (2006).
 32. Lauro M., Suortti T., Poutanen K., v knize: *Starch. Structure and Functionality*. (Frazier P. J., Richmond P., Donald A. M., ed.), kap. The role of amylose-lipid complex in the enzymatic hydrolysis of starch granules. The Royal Society of Chemistry, Cambridge 1997.
 33. Tester R.F., v knize: *Starch. Structure and Functionality*. (Frazier P. J., Richmond P., Donald A. M., ed.), kap. Starch: The polysaccharide fractions. The Royal Society of Chemistry, Cambridge 1997.
 34. Murphy P., v knize: *Handbook of Hydrocolloids*. (Phillips G. O., Williams P. A., ed.), http://knovel.com/web/portal/browse/display?_EXT_KNOVEL_DISPLAY_bookid=168&VerticalID=0 kap. Starch. Woodhead Publishing 2000.
 35. Van Hung P., Morita N.: *Carbohydr. Polym.* 59, 239 (2005).
 36. Eliasson A.-C., Karlsson R.: *Starch/Stärke* 35, 130 (1983).
 37. Soula A. B., Morrison W. R.: *J. Sci. Food Agric.* 36, 709 (1985).
 38. Peng M., Gao M., Abdel-Aal E.-S. M., Hucl P., Chibbar R. N.: *Cereal Chem.* 76, 375 (1999).
 39. Seib P.A.: *Oyo Toshitsu Kagaku* 41, 49 (1994).
 40. Ghiasi K., Hoseney R.C., Varriano-Marston E.: *Cereal Chem.* 25, 111 (1982).
 41. Knight J. W., Olson R. M., v knize: *Starch: Chemistry and Technology*. (Whistler L. R., ed.), kap. XV. Academic Press, New York 1965-1967.
 42. Galliard T., Bowler P., Towersey P. J.: v knize *Wheat is Unique* (Pomeranz Y., ed.), kap. Minor components of wheat starch and their technological significance. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota 1994.
 43. Meusser F., Althoff F., Huster H., v knize: *Wheat is Unique* (Pomeranz Y., ed.), kap. Developments in the extraction of starch and gluten from wheat flour and wheat kernels. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota 1994.
 44. Zwitterloot W. R. M., v knize: *Wheat is Unique* (Pomeranz Y., ed.), kap. Production of wheat starch and gluten: Historical review and development into new approach. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota 1994.
 45. Yonemoto P., Calori-Domingues M. A., Franco C. M. L.: *Ciencia e Tecnologia de Alimentos* 27, 761 (2007).
 46. Manelius R., Qin Z., Avall A. K., Andtfolk H., Bertoft E.: *Starch/Stärke* 49, 142 (1997).
 47. Sakintuna B., Budak O., Dik T., Yondem-Makascioglu F., Kincal N. S.: *Chem. Eng. Commun.* 190, 883 (2003).
 48. Robins C., Bridge A., Stuart T.: Patent WO/1995/018776.
 49. Ahamed N. T., Singhal R. S., Kulkarni P. R., Kale D. D., Mohinder P.: *Carbohydr. Polym.* 31, 157 (1996).
 50. Bae S. O., Lim S. T.: *Cereal Chem.* 75, 449 (1998).
 51. Chiotelli E., Le Meste M.: *Cereal Chem.* 79, 286 (2002).
 52. MacGregor A. W., Morgan J. E.: *Cereal Foods World* 31, 688 (1986).
 53. Soula A. B., Morrison W. R.: *J. Sci. Food Agric.* 36, 719 (1985).
 54. Sebecic B., Sebecic B.: *Starch/Stärke* 51, 445 (1999).
 55. Zhao J. G., Whistler R. L.: *Food Technol.* 48, 104 (1994).
 56. Boháčenko I., Vydrová H. ve skriptu *Technologie sacharidů* (Kadlec P., ed.), kap. Chemie a technologie škrobu. VŠCHT, Praha 2000.
 57. Kodet J., Babor K.: *Modifikované škroby, dextriny a lepidla*. SNTL, Praha 1991.
 58. Firemní literatura GEA Westfalia Separator, <http://www.westfalia-separator.com/downloads/pdf/9997-0816-000.pdf>, staženo 26.4.2009.

E. Šárka and Z. Bubník (*Department of Carbohydrate Chemistry and Technology, Institute of Chemical Technology Prague*): **Morphology, Chemical Structure, Properties and Applications of Wheat B-Starch**

Compared to other cereal or tuber starches, wheat starch shows mainly two different types of granules, the A-starch and B-starch, which are separated in starch processing. These types differ not only in size or shape but also in chemical structure of amylopectin, arrangement in granules, and lipid and protein contents. Chemical composition and structure of starch influence on physicochemical

properties (specific surface, crystallinity, gelatinization characteristics) and functionality.

Processing of B-starch (filtration, drying) is problematic for its small particles. Nevertheless, the challenge for other uses of B-starch has been taken up in designing new technological processes. Hence B-starch becomes a valuable raw material in other processes. Examples of its applications in enzymatic processes producing syrups, in modifications affording tailor-made starches, for flavour carriers, baking, extrusion and, last but not least, in biodegradable polymers are given.