



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Technologie potravin I

Ing. Eva Lorencová, Ph.D.

Ing. Jana Šenkýřová, Ph.D.

Ing. Richardos Nikolaos Salek, Ph.D.

Strategický projekt UTB ve Zlíně, reg. č.
CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_015/0002204



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

*„Tento výstup lze užít v souladu s licenčními podmínkami Creative Commons BY 4.0 International
(<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode>).“*



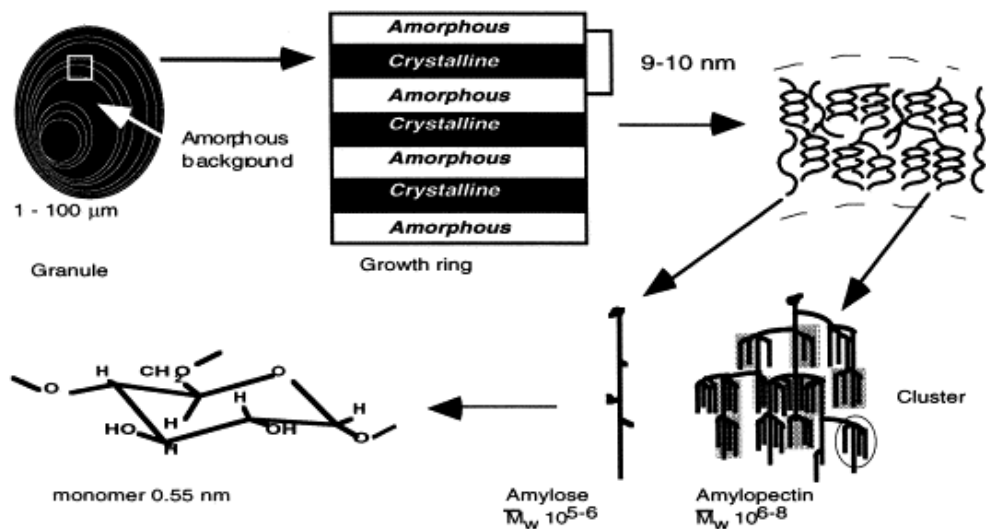
ŠKROB A JEHO ZÍSKÁVÁNÍ Z ROSTLINNÝCH ZDROJŮ

Škrob

- Chemická struktura a vlastnosti
 - polysacharid složený z amylozy a amylopektinu
 - amyloza lineární polyglukan
 - glukózové jednotky spojené α -D-(1→4) vazbou
 - sekundární struktura: levotočivý helix
 - zahřevem nemazovatí, rozpustnost v horké vodě na čiré roztoky, jódem se barví modře
 - amylopektin větvený polyglukan
 - glukózové jednotky spojené α -D-(1→4) a α -D-(1→6) vazbami
 - nesacharidové komponenty ve struktuře: bílkoviny, tuky, anorganické látky
 - sekundární struktura: dvojité šroubovice
 - zahřevem tvoří vysoce viskózní roztoky až mazy, po ochlazení tvoří gel, jódem se barví červeno-fialově

Škrob

- Škrob v rostlinných zdrojích
 - ukládán v buňkách v amyloplastech ve formě škrobových granulí
 - struktura granulí se liší v závislosti na botanickém původu
 - díky odlišné krystalinitě komponent škrobu se střídají uspořádané a neuspořádané oblasti (Obr. 1)



Obr. 1: Schematické znázornění různých strukturálních hladin škrobové granule a zapojení amyλόzy a amylopektinu ve struktuře škrobové granule

Škrob

- Škrob v rostlinných zdrojích
 - granule obsahuje mnoho vrstev
 - amorfni prstence/vrstvy obsahují amylopektin i amylózu v neuspořádaných konformacích
 - polokrystalické/uspořádanější vrstvy obsahují amylopektinové shluky, které obsahují střídající se krystalické a amorfni oblasti
 - existence různých modelů krystalinity
 - krystalické polymorfni formy (A, B, C)
 - A obilné škroby
 - něco mezi B a C hlízové a luštěninové škroby
 - modely krystalinity A a B podmiňuje výskyt levotočivých dvoušroubovic v jednoklonné nebo hexagonální soustavě
 - C vyšší koncentrace amylózy (jednořetězcová šroubovice, endogenni granulární lipidy)

Škrob

- Škrob v rostlinných zdrojích
 - krystalinita ovlivňuje vlastnosti škrobu
 - přítomnost ostatních látek ovlivňuje vlastnosti škrobu
 - ovlivnění: mazovatění, tvorby gelu, retrogradaci i enzymovou degradaci
 - mazovatění spočívá v narušení struktury škrobových granulí a sekundární struktury amylózy a amylopektinu (ztráta krystalinity)
 - nástup želatinační teploty je v negativní korelaci s podílem krátkých bočních řetězců amylopektinu
 - přítomnost fosfoesterů snižuje teplotu želatinace, přítomnost lipidů a fosfolipidů usnadňuje retrogradaci, omezuje bobtnání škrobových granulí a mazovatění

Škrob

- Škrobové granule

- velikost, tvar a chemické složení škrobových granulí se liší dle botanického původu

zdroj	obsah amylozy (%)	frakce/ průměrná velikost (μm)	tvar
pšenice	25-29	A 20 B 2-3	kulovitý s mírnými deformacemi
ječmen	21-24	A 30 B 2-3	diskovitý
kukuřice	25-28	jedna frakce 30	polyhedrální a zaoblené
brambory	18-21	jedna frakce 40	oválný lasturovitý
hrách	33-36	jedna frakce 30	oválný

Tab. 1: Popis škrobových granulí z různých zdrojů

Škrob

- Vlastnosti nativního škrobu, kterých se v potravinářství využívá (nebo je lze pozorovat)
 - bobtnání
 - mazovatění
 - tvorba gelu
 - retrogradace
 - enzymový rozklad
- V rámci úprav nativního škrobu na výrobky ze škrobu lze výše uvedené vlastnosti ovlivnit

Škrob

- Bobtnání
 - Ve studené vodě omezeně
 - S rostoucí teplotou vody rychlost bobtnání stoupá
 - Každý škrob bobtná jinak rychle – dáno strukturou a chemickým složením (přítomností látek nesacharidické povahy a koncentrace amylózy)
 - Bobtnání a mazovatění spolu souvisí; při počátečních teplotách mazovatění, kdy ještě nedochází k narušení struktury škrobových granulí (dochází k omezenému bobtnání), je stále tento proces vratný

Škrob

zdroj	obsah amylózy (%)	obsah proteinů (%)	obsah bílkovin (%)
pšenice	28,0	0,7	0,4
kukuřice	27,0	0,8	0,4
tapioka	21,0	0,2	0,1
brambory	20,0	0,1	0,06

Tab. 2: Obsah vybraných komponent škrobových granulí z různých rostlinných zdrojů

Škrob

- Mazovatění

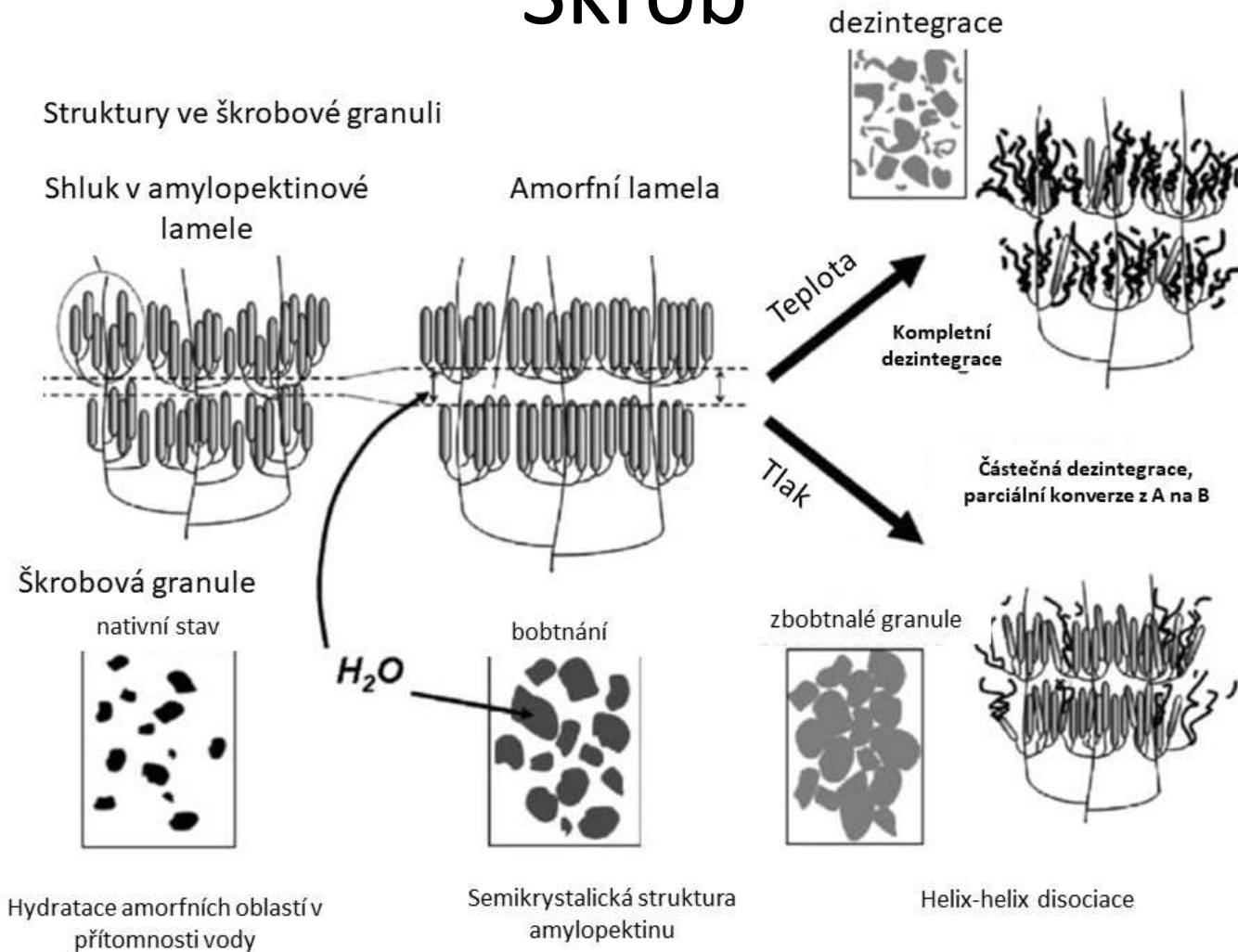
- Želatinace, vznik mazu
- Neporušené škrobové granule mají hydrofilní vlastnosti v důsledku přítomnosti hydroxylových skupin v polymerech amylozy a amylopektinu; tyto molekuly přitahují vodu
- Škrobová zrna zahřevem ve vodném prostředí ztrácí integritu, uvolňuje se amyloza, později omezené množství amylopektinu, rozrušují se mezimolekulární vodíkové můstky, navazuje se značné množství vody (význam amylopektinu), vzniká škrobový maz
- To, jak rychle dochází k mazovatění, opět podmiňuje nejen teplota, ale struktura a chemické složení škrobových granulí (povrch škrobových granulí)
- Mazovatění je u škrobu nevratný termální jev
- Teploty mazovatění jsou různé, nejčastěji v rozsahu 60-80 °C

Škrob

zdroj	Počáteční teplota (°C)	Střední teplota (%)	Konečná teplota(%)
pšenice	59,0	62,5	64,0
kukuřice	62,0	67,0	70,0
tapioka	52,0	59,0	64,6
brambory	65,0	70,0	77,0

Tab. 3: Želatinační teploty u škrobů z různých rostlinných zdrojů

Škrob

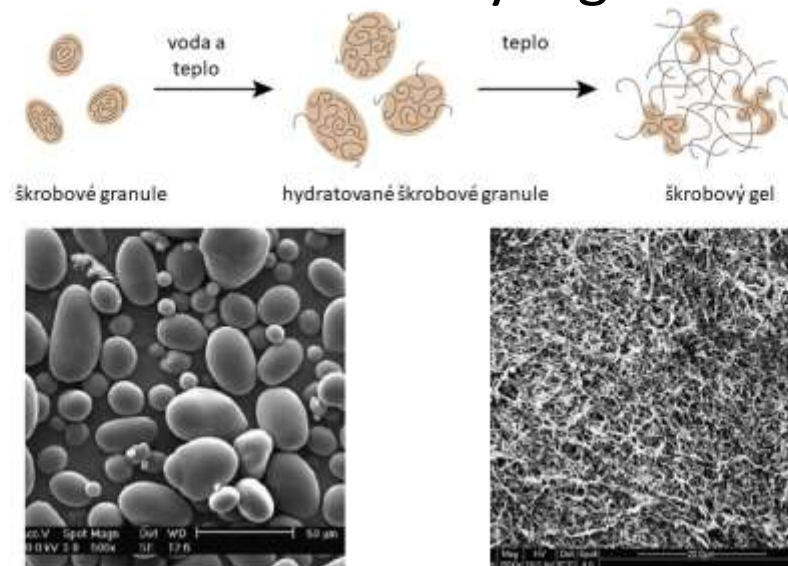


Obr. 2: Schematické diagramy želatinace škrobových granulí vyvolané teplem nebo tlakem (upraveno Kim et al., 2012).

Škrob

- Tvorba gelu

- Při ochlazení škrobového mazu dochází k obnovování vodíkových můstků mezi amylózou a amylopektinem
- Při dostatečné koncentraci vzniká trojrozměrná síť obsahující velké množství vody = gel



Obr. 3: Tvorba gelu, ukázka změn škrobových granulí (upraveno Yang et al, 2006)

Yang, J. -H., Yu, J. -G., & Ma, X. -F. (2006). Preparation and properties of ethylenebisformamide plasticized potato starch (EPTPS). *Carbohydrate Polymers*, 63(2), 218-223. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2005.08.059>

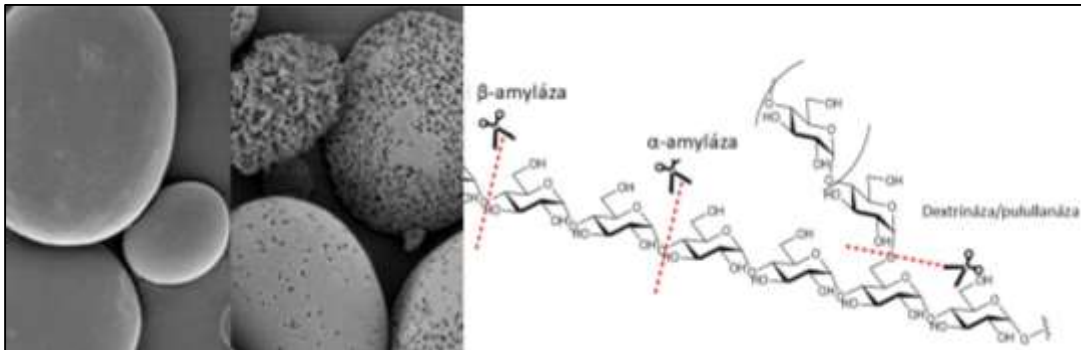
Kadlec, P. (2002). Technologie potravin I. VŠCHT.

Škrob

- Retrogradace
 - Reasociace nebo rekrystalizace škrobového gelu
 - Retrogradace je ovlivněna teplotou, složením potravin (obsah vody, cukrů, tuků, soli, antioxidačních enzymů)
 - Nejrychleji probíhá mezi teplotami 0-4 °C
 - Retrogradace je rychlejší u amylozy než u amylopektinu
 - Nastává např. i v případě vystavení výrobku obsahujícího škrobový gel zmrazování, případně při jakémkoliv zásahu vedoucího k migraci vlhkosti (typický příklad je skladování pečiva, stárnutí, ztráta vlhkosti, tvrdnutí)
 - Retrogradace má vliv na texturu a nutriční vlastnosti výrobku

Škrob

- Enzymový rozklad
 - hlavní role: amylázy, α a β amylázy
 - zůstávají hraniční dextriny, neštěpí α -D-(1 \rightarrow 6)
 - α -amyláza, endoenzym, proděravění škrobových granulí (Obr. 4), hydrolýza od středu řetězců
 - β -amyláza, exoenzym, odštěpení maltózových jednotek (Obr. 5)



Obr. 4: Hydrolýza škrobových granulí a názorná ukázka štěpení řetězce škrobu enzymy (Upraveno Valk et al., 2016 a web Megazyme.com)

Kadlec, P. (2002). Technologie potravin I. VŠCHT.

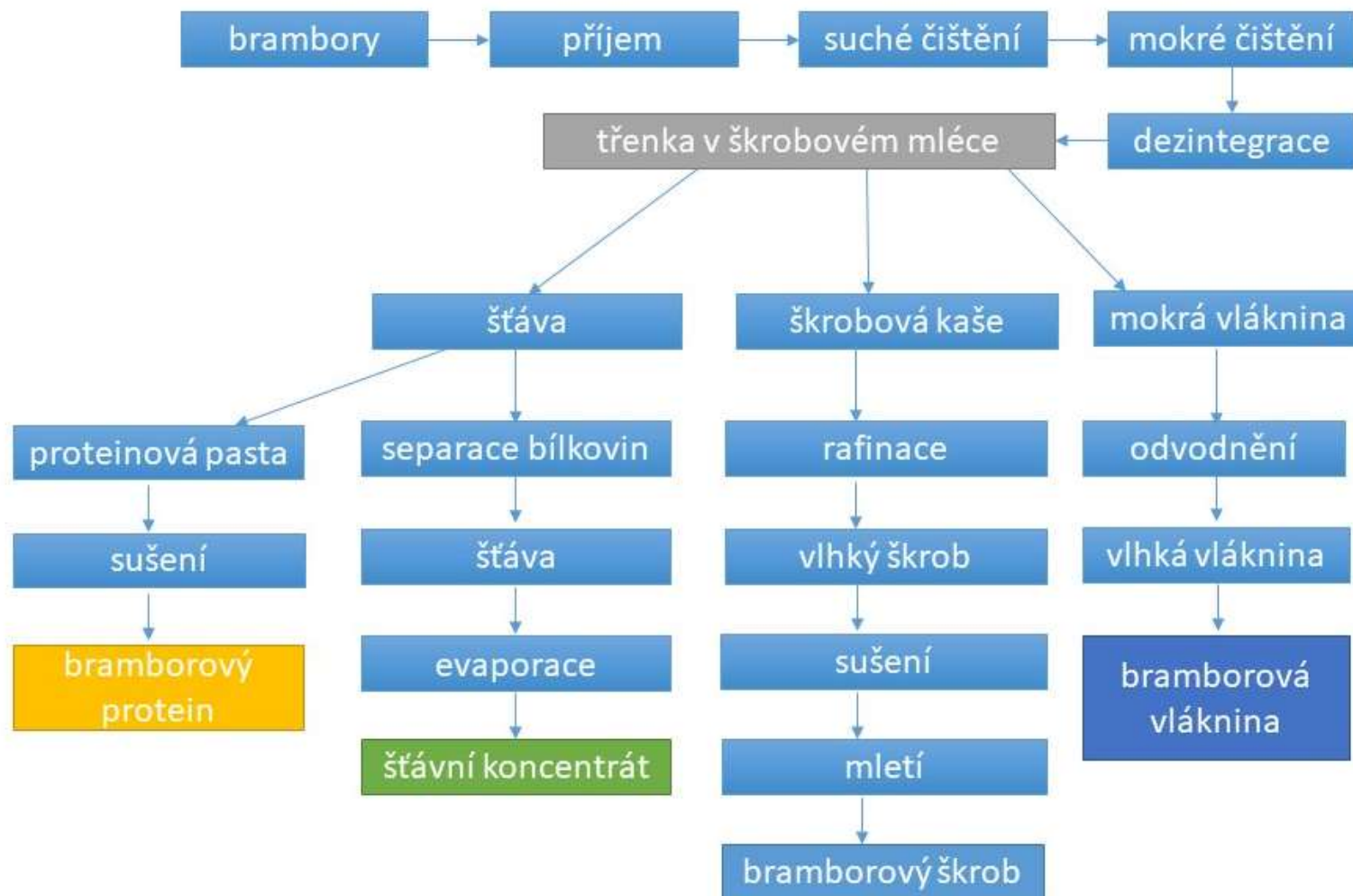
Valk, V., Lammerts van Bueren, A., van der Kaaij, R. M., & Dijkhuizen, L. (2016). Carbohydrate-binding module 74 is a novel starch-binding domain associated with large and multidomain α -amylase enzymes. *The Febs Journal*, 283(12), 2354-2368. <https://doi.org/10.1111/febs.13745>

Starch Portal, Megazyme's complete toolkit for the study of starch and the enzymes that act on it. [online]. Megazyme.com. Retrieved from <https://www.megazyme.com/media/image/90/c2/32/starch-enzymes.png>

Škrob

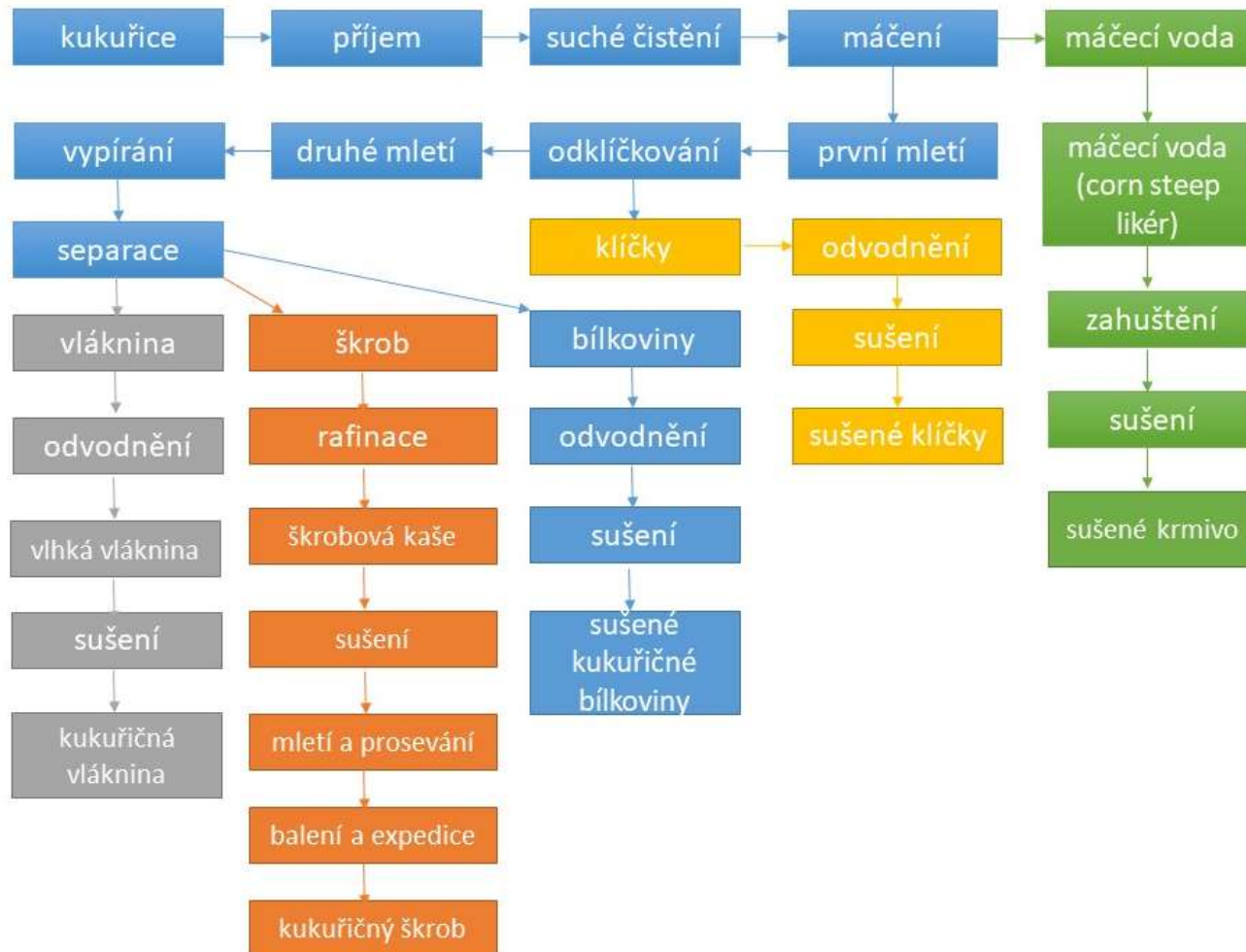
- Nejběžnější zdroje pro získání škrobu
 - Hlízy a obilky
 - brambory
 - kukuřice
 - pšenice
 - Následující slajdy popisují pomocí jednoduchých schémat technologii výroby nativního škrobu z výše zmíněných zdrojů a také výrobu vybraných výrobků ze škrobu.

Výroba škrobu z brambor



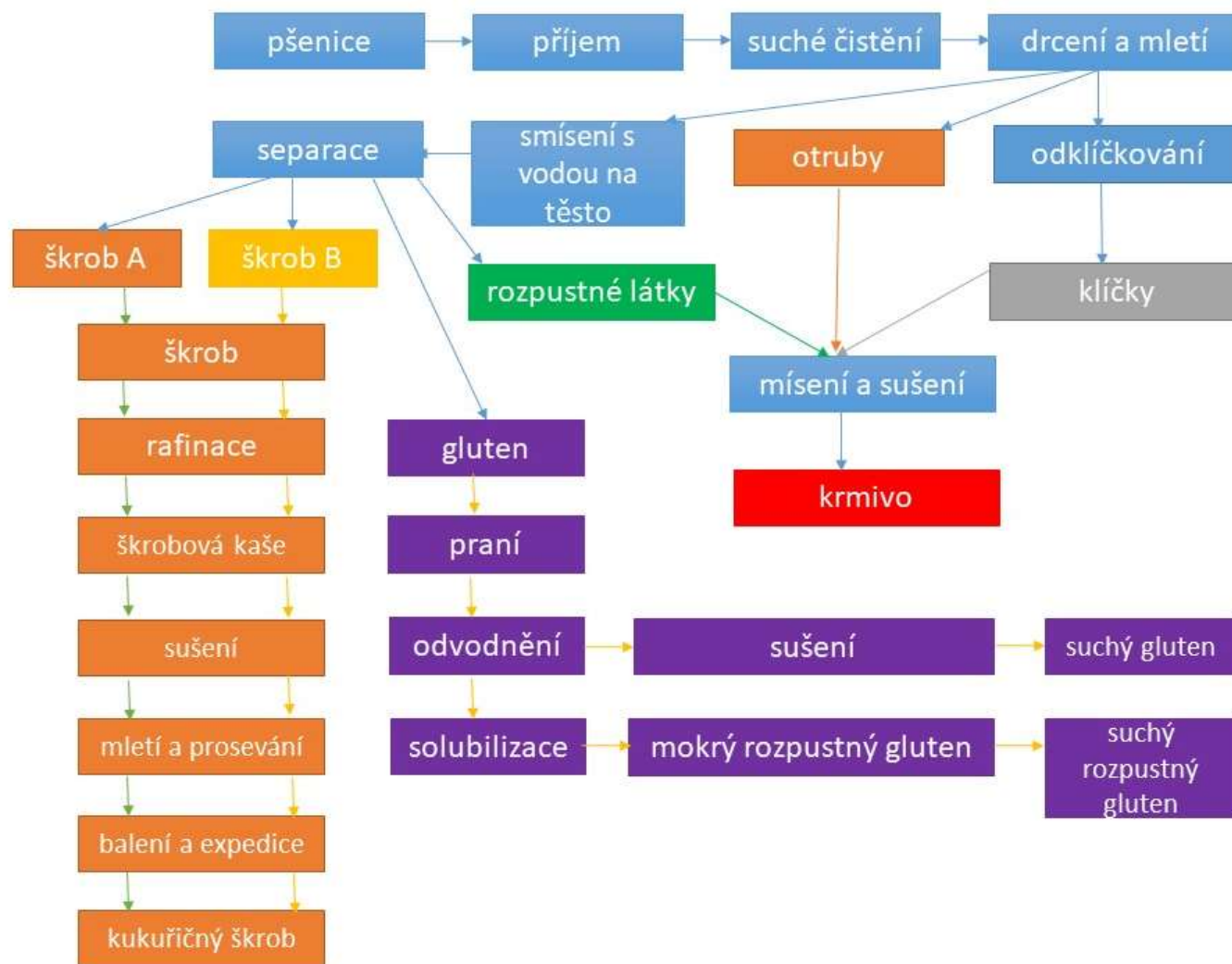
Obr. 5: Výroba bramborového škrobu a dalších vedlejších produktů

Výroba škrobu z kukuřice



Obr. 6: Výroba kukuřičného škrobu a dalších vedlejších produktů

Výroba škrobu z pšenice



Obr. 7: Výroba pšeničného škrobu A a B a dalších vedlejších produktů

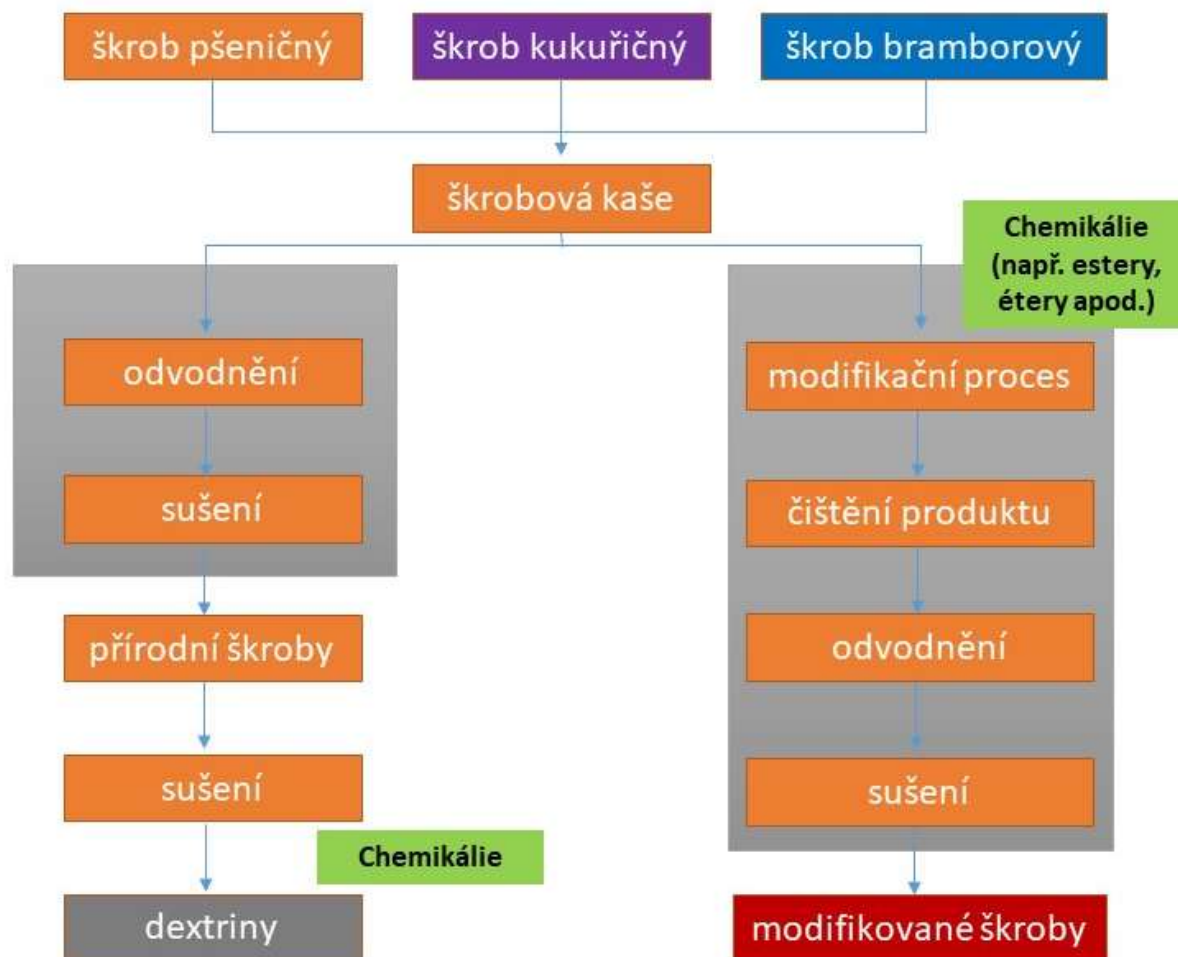
Škrob

- Škroby bez úprav fyzikálně chemických vlastností
 - Limitovaná aplikace
 - ve vodě za studena jen bobtnají
 - po působení horké vody tvoří příliš viskózní mazy
 - mají slabou povrchovou aktivitu a jsou převážně hydrofilní (omezená rozpustnost v tucích)
- Výrobky ze škrobu
 - cílené úpravy nativního škrobu
 - ovlivnění viskozity mazů, vazby vody, želírující schopnost atp.

Škrob

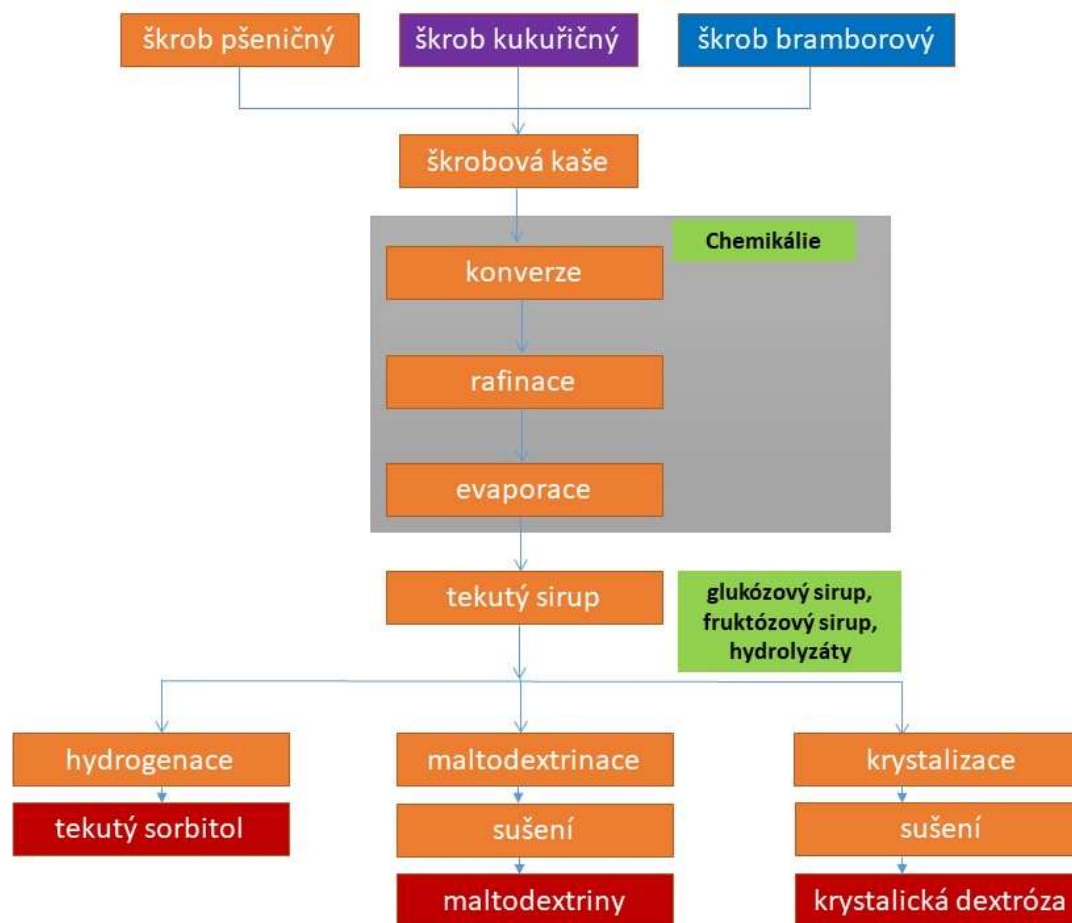
- Výrobky ze škrobu
 - Produkty frakcionace (amylóza a amylopektin)
 - Technické dextriny (katalytické pražení)
 - Modifikované škroby (přeměna přítomných funkčních skupin)
 - Substituované škroby (zavádění nových skupin do molekuly)
 - Hydrolyzáty škrobu

Výrobky ze škrobu



Obr. 8: Výroba nativního škrobu, výroba dextrinů a modifikovaných škrobů

Výroba produktů ze škrobu



Obr. 9: Výroba vybraných sladivých výrobků ze škrobu

TRVANLIVÉ PEČIVO

Úkol 1

- Jak byste charakterizovali trvanlivé pečivo?
Jaké znáte druhy trvanlivého pečiva?

Definice trvanlivého pečiva

- Pekařské výrobky vyrobené zejména z mouky, popřípadě dalších složek
- Nízký obsah vody max. 10 %
 - výjimka perníky, preclíky a trvanlivé tyčinky (max. 16 %)
- Plněné různými náplněmi, potahované nebo povrchově upravené

Druhy trvanlivého pečiva

- Sušenky
- Trvanlivé pečivo ze šlehaných hmot
- Preclíky
- Oplatky
- Perníky
- Suchary
- Krekry
- Extrudované výrobky
- Pufované výrobky
- Knäckebröt
- Obilné celozrnné lupínky
- Zapékané múсли

Úkol 2

- Jak byste definovali snídaňové cereálie? Co je to za produkt?

Definice snídaňových cereálií

- Z anglického „breakfast cereals“ nebo „ready-to-eat cereals“ (RTE)
- Přesnídávkové směsi připravené z obilovin
- FAO: obiloviny upravené vločkováním, extrudováním, bobtnáním a pražením
- Lehce stravitelné
- Zachování většího podílu nutričních hodnot

Úkol 3

- Jaké jsou hlavní suroviny používané při extruzní výrobě snídaňových cereálií?

Suroviny pro extruzní výrobu

7 skupin dle tzv. Guy Classification System

1. Suroviny tvořící strukturu
 - mouky, škroby, proteiny
2. Suroviny tvořící výplň – disperzní podíl
 - Proteiny, škroby, vláknina (plniva)
3. Plastifikátory a mazadla
 - Voda, olej, emulgátory
4. Rozpustná sušina – ochucení + zvlhčení
 - Sůl, cukr, koření, maltodextrin, slad, aroma
5. Nukleační činidla (jemnější struktura)
 - CaCO_3 , MgSiO_3 , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, NaHCO_2 , otruby
6. Barviva a jejich prekurzory
 - Sušené mléko, redukující cukry, proteiny, přírodní a syntetická barviva
7. Ochucovadla
 - Redukující cukry, aminokyseliny a peptidy

Šárka, E., Čopíková, J., & Smrčková, P. (2013). Extruzní proces v cereální a cukrovinkářské technologii. *Listy Cukrovarnické a Řepářské*, 129(11), 350-354.

Burešová, I. & Lorencová, E. (2013). *Výroba potravin rostlinného původu: zpracování obilovin* (1st ed.). Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Suroviny pro extruzní výrobu

Složení snídaňových cereálií dle cechovní normy:

Povinné složky

Přípustné složky

Nepřípustné složky

Povinné složky - Lze je použít v libovolných kombinacích

- Cereální složka – cereální mouky (i celozrnné)
 - Pšeničná, rýžová, ovesná, ječná, žitná
- Kukuřičná krupice
- Ovesné vločky

Nepřípustné složky:

- palmový olej nebo tuk, kokosový olej nebo tuk
- sladidla

Suroviny pro extruzní výrobu

Přípustné suroviny (1):

- rýže
- ovesná nebo jiná vláknina
- otruby apod.
- pseudocereálie (amarant, quinoa apod.)
- jedlá sůl
- cukry a další složky se sladivými vlastnostmi
- rostlinný olej nebo tuk kromě viz nepřípustné složky
- škrob (pšeničný, kukuřičný), maltodextrin
- sušené ovoce (proslazované, kandované, lyofilizované)
- skořápkové plody, semena, arašídy, chia semínka
- kakaové složky
- mléčné složky

Suroviny pro extruzní výrobu

Přípustné suroviny (2):

- minerální látky a vitamíny
- emulgátor (lecitiny, polyglycerol-polyricinoleát)
- kypřící látky
- antioxidanty
- regulátory kyselosti
- koření (skořice apod.)
- pouze přírodní aroma
- přírodní barviva dle NATCOL (Natural Food Colours Association – Asociace pro přírodní barviva v potravinářství)
- rostlinné koncentráty a extrakty (např.: černá mrkev, černý rybíz, apod.)

Úkol 4

- Jaké jsou hlavní technologické operace při výrobě extrudovaných výrobků?

Výroba extrudovaných výrobků

- Kondicionování
- Termomechanické vaření – roztavení a ztekucení hmoty + tvarování
- Sušení a toastování (hnědá barva + pečivová chuť)

Kondicionování

- Mouka + pára + voda
- Pára – prohřátí a vytvoření tenkého filmu vody kolem částic mouky
- Kondicionéry

Termomechanické kypření

- roztavení a ztekucení hmoty + tvarování
- Způsoby: pufování, extruze

Sušení

- Odstranění přebytečné vody + prodloužení trvanlivosti
- Křupavá a křehké struktura

Úkol 5

- Popište princip pufování.

Pufování

Pufovací dělo

- Předvaření celého zrna
- Uzavřená nádoba - forma
- Vysoký tlak a teplota (300 – 400 °C, 5 min)
- Uvolnění tlaku ➡ expanze zrna




Pufovací pec

- Vaření, zchlazení a sušení zrna
- Předehřívání zrna
- Pufování (230 – 300 °C; 103 – 120 kPa, 1 hod)
- Burizony

Úkol 6

- Popište princip extruze.

Extruze

- Termomechanické vaření
(140 – 180 °C, 20 – 60 s)
- Roztavení a ztekucení směsi surovin
- Dávkování do **extrudéru**  ↑ tlak + samozáhřev směsi
- Tvarování přes matrici
 - Normální tlak  odpaření vlhkosti  expanze objemu

Úkol 7

- Jaké znáte typy extruze?

Extruze

Typy extruze: přímá
 peletační – odložená/nepřímá

Společné znaky:

1. Tvorba hmoty
 - Tvarovatelná hmota
2. Zahřátí hmoty
 - Kapalná voda přejde na páru, která expanduje z těsta → nakypření hmoty
3. Stabilizace výrobku
 - Vysušení, pevná a křehká pěnovitá struktura

Přímá extruze

- **DEEC technologie** – direct expansion extrusion- cooking process (přímý expanzní vytlačovací proces)
- Míchání surovin
- Prekondicionování (vaření)
- Expanze
- Tvarování + odřezávání
- Obalování/potahování cukrem nebo sušení
- Balení
- Jednodušší
- Kratší doba výroby
- Nižší náklady

Nepřímá extruze

- **PFEC** – pellet-to-flaking extrusion cooking process (výroba pelet s následným vločkováním)
- Výroba snídaňových cereálií
- Míchání surovin (moučná směs + cukr, sůl, barviva)
- Extrudér (kondicionování, vaření)
- Tvarování (matrice - pelety)
- Chlazení
- Sušení (9 – 11 % vlhkost)
- Temperace (max. 24 hod)
- Expanzní pistole (↑ teplota a tlak) – předehtátá pára
- Expanze (vakuum)

Úkol 8

- Jaké je možné očekávat technologické problémy, pokud se při výrobě zamění rýžová mouka za ovesnou a proč?

Úkol 8 - odpověď

- Ovesná mouka obsahuje více tuku než rýžová
- Vliv teploty – může docházet ke změně konzistence hmoty – bude hustší, kompaktnější
- Možné problémy pro tvarování přes matrici

Úkol 9

- Jaké technologické problémy lze očekávat, pokud se zvýší přídavek otrub a proč?

Úkol 9 - odpověď

Při zvýšeném přídávku otrub ke směsi může dojít k :

- ucpávání tvarovací matrice
- větší nekompaktnosti výsledného produktu
- výrobek nemusí udržet tvar, protože otruby nejsou rozmělněny na homogenní hmotu
- snížení expanze až o 50 %
- nedojde vůbec k expanzi

Seznam použitých zdrojů

- Buléon, A., Colonna, P., Planchot, V., & Ball, S. (1998). Starch granules: structure and biosynthesis. *International Journal Of Biological Macromolecules*, 23(2), 85-112. [https://doi.org/10.1016/S0141-8130\(98\)00040-3](https://doi.org/10.1016/S0141-8130(98)00040-3)
- Burešová, I. & Lorencová, E. (2013). *Výroba potravin rostlinného původu: zpracování obilovin* (1st ed.). Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
- Debet, M. R., & Gidley, M. J. (2006). Three classes of starch granule swelling: Influence of surface proteins and lipids. *Carbohydrate Polymers*, 64(3), 452-465. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2005.12.011>
- Eliasson, A. C. (Ed.). (2005). *Starch in Food: Structure, Function and Applications*. CRC Press.
- Joy, M. (2018). Cereal Puffing [Online]. www.slideshare.net. USA: LinkedIn Corporation. Retrieved from <https://www.slideshare.net/munnaijoy/puffing>
- Kadlec, P. (2002). Technologie potravin I. VŠCHT.
- Kim, H. -S., Kim, B. -Y., & Baik, M. -Y. (2012). Application of Ultra High Pressure (UHP) in Starch Chemistry. *Critical Reviews In Food Science And Nutrition*, 52(2), 123-141. <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.498065>.
- Kulp, K., & Ponte, J. G. (2000). *Handbook of cereal science and technology* (2nd ed., rev. and expanded). New York: Marcel Dekker.
- Mishra, G., Joshib, D. C., & Panda, B. K. (2014). Popping and Puffing of Cereal Grains: A Review. *Journal Of Grain Processing And Storage*, 1(2).
- Riaz, M. N. (2000). *Extruders in food applications*. Lancaster, Pa.: Technomic Pub. Co.
- *Snídaňové cereálie (kromě müsli)*. (2020) (1st ed.). Praha: Potravinářská komora České republiky. Dostupné z <https://www.cechovninormy.cz/norma/snidanove-cerealie-krome-musli/>
- *Starch gelatinization temperature influence cardboard quality*. (2019). Foshan Fuli Packaging Machinery Co.,Ltd. Retrieved from <https://www.fulimachinery.com/info/starch-gelatinization-temperature-influence-ca-33596658.html>
- *Starch Portal, Megazyme's complete toolkit for the study of starch and the enzymes that act on it*. [online]. Megazyme.com. Retrieved from <https://www.megazyme.com/media/image/90/c2/32/starch-enzymes.png>
- Starch production process from potatoes. [online]. *StarchEurope*. Retrieved from <https://starch.eu/wp-content/uploads/2012/10/Starch-production-process-from-potatoes.jpg>
- Starch production process from maize. [online]. *StarchEurope*. Retrieved from <https://starch.eu/wp-content/uploads/2012/10/Starch-production-process-from-maze.jpg>
- Starch production process from wheat. [online]. *StarchEurope*. Retrieved from <https://starch.eu/wp-content/uploads/2012/10/Starch-production-process-from-wheat-300x225.jpg>
- Starch production process to liquid glucose and derivatives. [online]. *StarchEurope*. Retrieved from <https://starch.eu/wp-content/uploads/2012/10/Starch-production-process-to-liquid-glucose-and-derivates.jpg>
- Starch production process to native starches, modified starches-dextrins. [online]. *StarchEurope*. Retrieved from <https://starch.eu/wp-content/uploads/2012/10/Starch-production-process-to-native-starches-modified-starches-dextrins-300x225.jpg>
- Subramaniam, P. (2016). Stability and Shelf Life of Food (2nd Edition) - 2.2.2.3 Starch Gelatinization and Retrogradation. Elsevier. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt00CRSAK8/stability-shelf-life/starch-gelatinization>
- Šárka, E., Čopíková, J., & Smrčková, P. (2013). Extruzní proces v cereální a cukrovinkářské technologii. *Listy Cukrovarnické A Řepařské*, 129(11), 350-354.
- Valk, V., Lammerts van Bueren, A., van der Kaaij, R. M., & Dijkhuizen, L. (2016). Carbohydrate-binding module 74 is a novel starch-binding domain associated with large and multidomain α -amylase enzymes. *The Febs Journal*, 283(12), 2354-2368. <https://doi.org/10.1111/febs.13745>
- Vyhláška o požadavcích na mlýnské obilné výrobky, těstoviny, pekařské výrobky a cukrářské výrobky a těsta, 2020 § (2020). Praha: Tiskárna Ministerstva vnitra, p. o.
- Yang, J. -H., Yu, J. -G., & Ma, X. -F. (2006). Preparation and properties of ethylenebisformamide plasticized potato starch (EPTPS). *Carbohydrate Polymers*, 63(2), 218-223. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2005.08.059>