

# Sledování obsahu pomalu stravitelného škrobu v laboratorně připravených extrudovaných výrobcích

MONITORING OF SLOWLY DIGESTIBLE STARCH IN LABORATORY PREPARED EXTRUDED PRODUCTS

Přednáška prezentovaná na XLIV. symposiu o nových směrech výroby a hodnocení potravin, Skalský Dvůr, květen 2014

Petra Smrčková, Evžen Šárka, Vladimír Pour, David Chena – Ústav sacharidů a cereálií, VŠCHT Praha

Proces extruze se využívá v celé řadě průmyslových odvětví, např. při výrobě keramických materiálů (1), biodegradabilních plastů (2) vyráběných i na bázi vyslazených řepných řízků (3) či bagasy (4); hlavní využití v potravinářském průmyslu je orientováno do oblasti cukrovinkářského a cereálního průmyslu (5).

Při výrobě pufovaných výrobků, jako jsou kukuřičné lupínky, kuličky, křupky či trubičky, se přivádí kukuřičná krupice s dalšími aditivami obvykle v mírně navlhčeném stavu do extrudéru, kde je směs nejprve podrobena působení vysokého tlaku, teploty a smykových sil, přičemž dochází k plastifikaci, a při následném vytlačování dýzou dochází k expanzi vodní páry. V krátké době po expanzi materiál ztuhne ve svém nakypřeném a napěněném stavu (6).

Během tohoto tzv. extruzního vaření dochází k strukturálním a chemickým změnám vstupního materiálu. Dochází k denaturaci bílkovin, čímž se zlepšuje jejich stravitelnost. Tvoří se komplexy mezi škrobem a lipidy a mezi bílkoviny a lipidy. Extruze je doprovázena inaktivací přírodních enzymů obsažených v potravě, rozkladem některých přírodních toxinů, snížením obsahu mikroorganismů ve výrobku, ale i ztrátou některých nutričních látek (např. lysinu, beta-karotenu) (5).

Tab. I. Parametry extruze

veličina	t <sub>1</sub> (°C)	t <sub>2</sub> (°C)	t <sub>3</sub> (°C)	t <sub>4</sub> (°C)	otáčky šneku (min <sup>-1</sup> )	otáčky dávkovacího šneku (min <sup>-1</sup> )	tlak (bar)
min.	41	80	89	99	120	10	42
max.	117	95	125	168	140	20	270

Pozn.: t<sub>1</sub> až t<sub>4</sub> – teploty v jednotlivých zónách extrudéru.

Tab. II. Složení modelových směsí pro přípravu extrudátů

Základ	Přidaná látka		Přídavek vody (% suché směsi)
	název	hmotnostní zlomek v suché směsi (%)	
Jemná kukuřičná krupice	A-škrob	10, 20	5, 10
	Moramyl ZBH	10, 20, 50	5, 10
	Moramyl ZB	10, 20	5, 10
	hrachová mouka	20	5, 10

Významnou strukturální změnou prochází škrob, neboť škrobová zrna bobtnají a rozpadají se, přičemž zmazovatelný škrob je rovněž lépe přístupný pro působení amyláz v zažívacím traktu. Po zchladnutí extrudátu může docházet k retrogradaci škrobu, tedy k opětovnému vytvoření krystalických struktur především díky tvorbě dvojitého šroubovice amylozy. Škrob se dělí podle úrovně stravitelnosti do tří kategorií: rychle stravitelný škrob (rapidly digestible starch – RDS), pomalu stravitelný škrob (slowly digestible starch – SDS) nebo rezistentní škrob (resistant starch – RS) (7). Tyto škroby se liší rychlostí trávení v trávicím traktu, přičemž rezistentní škrob není lidským organismem stráven vůbec. Pomalu stravitelný škrob se vyskytuje u cereálních výrobků s velmi nízkým obsahem vlhkosti vstupního materiálu, takže škrob obsahuje jak zmazovatelný škrob, tak i nedotčená škrobová zrna. Výroba kvalitně pufovaných extrudovaných výrobků vychází z nízkého přídavku vody ke kukuřičné krupici, lze v nich tedy předpokládat vyšší obsah pomalu stravitelného škrobu (8, 9).

Pomalou stravitelný škrob je v potravinách spojován s nízkým až středním glykemickým indexem (GI). Glykemický index (GI) je měřítkem bezprostředního vlivu konzumace potravin na hladinu glukosy v krvi. Potraviny jsou rozděleny do tří kategorií podle hodnoty glykemického indexu: nízký GI ≤ 55, střední GI = 55–69, a vysoký GI ≥ 70 (10). Potraviny s nízkým GI nezatěžují organismus velkými výkyvy hladiny glukosy v krvi, a proto jsou vhodné pro diabetiky a osoby s redukční dietou. Pozitivní důsledky SDS se projevují ve fyzické a duševní výkonnosti organismu, v pocitu sytosti a umožňují řízení diabetu.

Cílem experimentální práce bylo ověřit vliv různých aditiv a procesních parametrů extruze na obsah pomalu stravitelného škrobu v extrudátech.

## Materiál a metody

Pro extruzi na laboratorním extrudéru KE 19/25 (Brabender, Německo) (obr. 1.) byly připraveny směsi jemné kukuřičné krupice (kukuřičný mlýn Konkordia, Mrzkovice) s 10–20% obsahem nativního pšeničného A-škrobu (Amylon, Havlíčkův Brod), hrachové mouky (*Pisum sativum L. var. medullare*, „Radovan“, dodavatel SEMO Smržice; obsah škrobu 30,4 % suš.) a chemicky modifikovaných škrobů (zesíťovaný fosfát škrobu Moramyl ZBH, P 0,98 g.kg<sup>-1</sup> suš. a Moramyl ZB, P 2,50 g.kg<sup>-1</sup> suš. výrobce Krnovská škrobárna) a s přídavkem vody 5 a 10 % hm.

Při procesu byly použity trysky o průměru 3 a 4 mm a šnekovnice o kompresním poměru 2:1 a 3:1. Během extruze byla sledována rychlost dávkování směsi, otáčky šnekovnice, rozložení teplot podél extruzního válce a tlak na výtlačné hlavě. Limitní hodnoty parametrů extruze jsou shrnuty v tab. I.

Stanovení obsahu pomalu stravitelného škrobu získaných extrudátů bylo prováděno metodou ENGLYSTA (11). Pankreatická  $\alpha$ -amyláza (3 Ceralpha U.mg<sup>-1</sup>), amyloglukosidáza (3 260 U.ml<sup>-1</sup>), invertáza (300 U.mg<sup>-1</sup>) a kolorimetrický set glukoso-oxidáza/peroxidáza (GOPOD) byly získány od firmy Megazyme International Ireland Ltd.

Kromě této veličiny byl sledován vliv všech procesních parametrů a chemického složení. Sensorickým parametrem extrudátů byl zvolen expanzní index (EI), který byl počítán podle rovnice:

$$EI = \frac{D^2}{d^2}$$

kde  $D$  je průměr extrudátu a  $d$  je průměr trysky na výtlačné hlavě extrudéru (12). Průměr extrudátu byl měřen pomocí digitálního posuvného měřítka v deseti bodech a měřítko bylo v každém bodě třikrát pootočeno.

### Výsledky a diskuse

Přehledný popis směsí vstupních materiálů je shrnut v tab. II. Výsledky všech stanovení RDS a SDS byly vztaženy na obsah celkového škrobu ve vzorku. Pro statistické ověření výsledků bylo provedeno opakované stanovení SDS a RDS (14×) ve vzorku

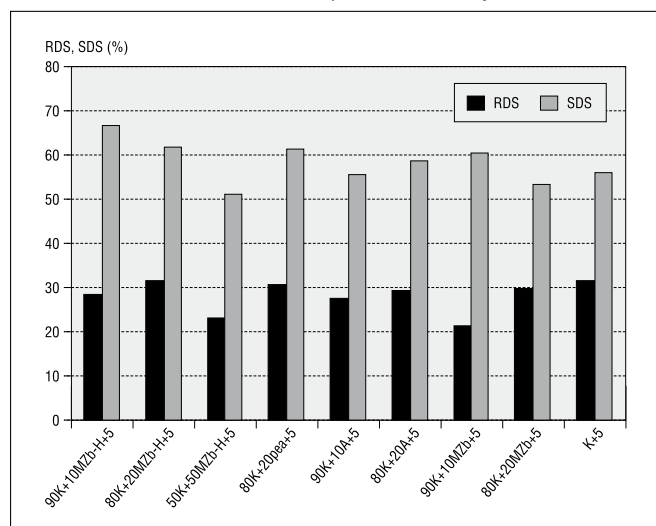
Obr. 1. Extrudér KE 19/25



jemné kukuřičné krupice. Správná hodnota RDS byla v rozmezí 34,5 ±1,9 %, pro SDS 56,9 ±3,2 %.

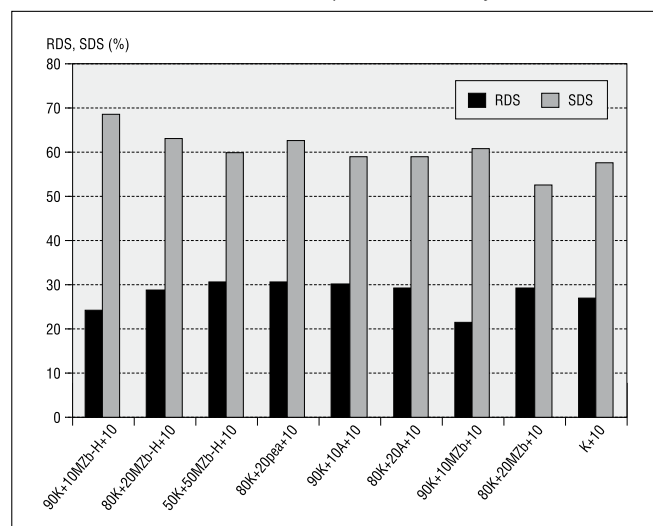
Získané průměrné hodnoty RDS a SDS v extrudátech jsou vyneseny do grafů na obr. 2. a 3. Hodnoty expanzního indexu pro extrudáty s 5% a 10% přidavkem vody jsou vyneseny v grafu na obr. 4. Z naměřených výsledků vyplývá, že nejvyšší obsah SDS byl získán za těchto procesních podmínek extruze: otáčky dávkovací šnekovnice více než 15 min<sup>-1</sup>, rychlost otáčení transportní šnekovnice mezi 120 a 140 min<sup>-1</sup>, průměr trysky 3 mm; pracovalo se při tlacích vyšších než 100 barů.

Obr. 2. Obsah rychle stravitelného škrobu a pomalu stravitelného škrobu v extrudátech s přidavkem vody 5%



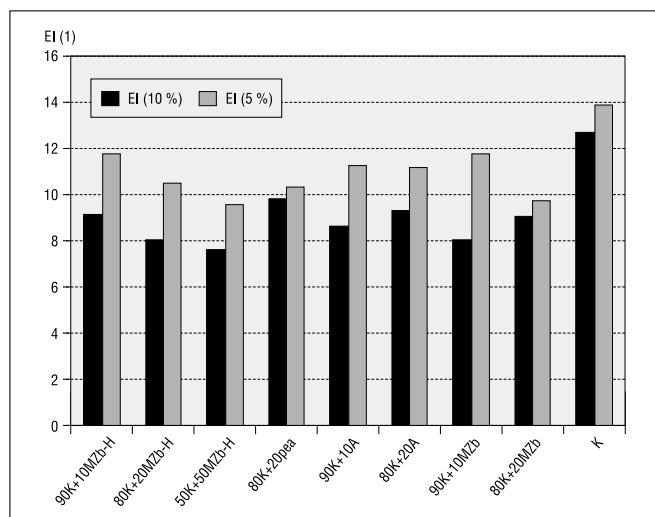
RDS – rychle stravitelný škrob, SDS – pomalu stravitelný škrob, vzorky: K + 5 – kukuřičná krupice + 5% přidavek vody (1000 g + 50 g), 80K + 20 MZb-H + 5 – směs 80 % kukuřičné krupice a 20 % škrobu Moramyl ZBH + 5% přidavek vody (800 g + 200 g + 50g), 80K + 20 pea + 5 – směs 80 % kukuřičné krupice a 20 % hrachové mouky + 5% přidavek vody (800 g + 200 g + 50g), 90K + 10 A + 5 – směs 90 % kukuřičné krupice a 10 % škrobu pšeničného škrobu + 5% přidavek vody (900 g + 100g + 50g)

Obr. 3. Obsah rychle stravitelného škrobu a pomalu stravitelného škrobu v extrudátech s přidavkem vody 10%



RDS – rychle stravitelný škrob, SDS – pomalu stravitelný škrob, vzorky: K + 10 – kukuřičná krupice + 10% přidavek vody (1000 g + 100 g), 80K + 20 MZb-H + 10 – směs 80 % kukuřičné krupice a 20 % škrobu Moramyl ZBH + 10% přidavek vody (800 g + 200 g + 100g), 80K + 20 pea + 10 – směs 80 % kukuřičné krupice a 20 % hrachové mouky + 10% přidavek vody (800 g + 200 g + 100g), 90K + 10 A + 10 – směs 90 % kukuřičné krupice a 10 % škrobu pšeničného škrobu + 10% přidavek vody (900 g + 100g + 100g)

Obr. 4. Porovnání expanzního indexu (EI) v extrudátech s 5% a 10% přidavkem vody, legenda viz obr. 2 a 3.



Nejvýznamněji se zvyšoval obsah SDS v extrudátu z premixu s 10% podílem zesítěného škrobu Moramyl ZBH při 10% přidavku vody – 68,4 % oproti kukuřičné krupici s 57,4 % za stejných podmínek. Přídavek hrachové mouky vedl k polovičnímu efektu – obsah SDS dosahoval 62,7 %. Na rozdíl od obsahu SDS, který měl příznivější hodnoty pro 10% přidavek vody, expanzní poměr byl příznivější pro extrudáty s přidavkem 5% vody, tedy tyto extrudáty lépe expandovaly, byly sensoricky přijatelnější. Při tomto nižším přidavku vody dosahovaly nejlepší výsledky SMS rovněž extrudáty z premixu s 10% podílem zesítěného škrobu Moramyl ZBH – 66,8 %.

*Poděkování: Práce byla zpracována v rámci řešení projektu výzkumu a vývoje MZe QJ1310219 „Pšenice se specifickým složením a vlastnostmi škrobu pro potravinářské a průmyslové účely“.*

### Souhrn

Pomalou stravitelný škrob v potravinách je spojován s nízkým až středním glykemickým indexem (GI). Potraviny s nízkým GI nezatěžují organismus velkými výkyvy hladiny glukosy v krvi, a proto jsou vhodné pro diabetiky a jsou součástí redukčních diet. Pro extruzi na laboratorním extrudéru KE 19/25 (Brabender, Německo) byly připraveny směsi jemné kukuřičné krupice s 10–50% přidavkem chemicky modifikovaných škrobů, nativního pšeničného škrobu, nebo hrachové mouky a přidavkem vody 5 a 10 % hm. Během extruze byla sledována rychlost dávkování směsi, otáčky šnekovnice, kompresní poměr, rozložení teplot podél extruzního válce, průměr trysky a tlak na výtlačné hlavě. Byl testován vliv všech procesních parametrů a chemického složení vstupní směsi na obsah SDS ve vzorcích extrudátů. Nejvyšší obsah pomalu stravitelného škrobu v extrudátech s příznivými sensorickými vlastnostmi (66,8 %) byl zjištěn při 5% přidavku vody do premixu s 10% podílem zesítěného škrobu Moramyl ZBH.

**Klíčová slova:** extruze, modifikované škroby, pomalu stravitelný škrob, rychle stravitelný škrob.

### Literatura

1. PABST, W.; HOSTASA, J.; ESPOSITO, L.: Porosity and pore size dependence of the real in-line transmission of YAG and alumina ceramics. *J. Europ. Ceramic Soc.*, 34, 2014 (11), s. 2745–2756.

- SHIRAI, M. A. ET AL.: Development of biodegradable flexible films of starch and poly(lactic acid) plasticized with adipate or citrate esters. *Carbohydr. Polymers*, 92, 2013 (1), s. 19–22.
- LI, W. L. ET AL.: Biodegradable composites from polyester and sugar beet pulp with antimicrobial coating for food packaging. *J. Appl. Polym. Sci.*, 126, 2012 (SI), s. E361–E372.
- WANG, L.T. ET AL.: Green composites of poly (lactic acid) and sugarcane bagasse residues from bio-refinery processes. *J. Polym. Environ.*, 21, 2013 (3), s. 780–788.
- ŠÁRKA, E.; ČOPIKOVÁ, J.; SMRČKOVÁ P.: Extruzní proces v cereální a cukrovinkářské technologii. *Listy cukrov. řepář.*, 129, 2013 (11), s. 150–154.
- PŘÍHODA, J.: Extruze. In KADLEC, P. ET AL. (ed.): *Procesy potravinářských a biochemických výrob.* (Skriptum.) Praha, VŠCHT, 2003, 308 s., ISBN 80-7080-527-7.
- ENGLYST, H. N.; KINGMAN, S. M.; CUMMINGS, J. H.: Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *Eur. J. Clinical Nutrition*, 46, 1992 (Suppl. 2), s. S33–S50.
- ŠÁRKA, E.; SMRČKOVÁ, P.; SEILEROVÁ, L.: Rezistentní a pomalu stravitelný škrob. *Chem. listy* 107, 2013 (12), s. 350–354.
- SMRČKOVÁ, P. ET AL.: Effect of process parameters on slowly digestible and resistant starch content in extrudates. *Czech J. Food Sci.*, 32, 2014 (5), s. 503–508.
- ODENIGBO, A.; RAHIMI, J.; NGADI, M.; AMER, S.; MUSTAFA, A.: Starch digestibility and predicted glycemic index of fried sweet potato cultivars. *Functional Foods in Health and Disease*, 2, 2012 (7), s. 280–289.
- ENGLYST, H. N.; HUDSON, G. J.: The classification and measurement of dietary carbohydrates. *Food Chemistry*, 57, 1996 (1), s. 15–21.
- ALI, Y.; HANNA, M. A.; CHINNASWAMY, R.: Expansion characteristics of extruded corn grits. *LWT-Food Science and Technology*, 29, 1996 (8), s. 702–707.

### Smrčková P., Šárka E., Pour V., Chena D.: Monitoring of Slowly Digestible Starch in Laboratory Prepared Extruded Products

Slowly digestible starch in foods is associated with a low or medium glycemic index (GI). Low GI foods don't burden human organism with large fluctuations in blood glucose levels, therefore forming a suitable part of weight-control programs for diabetics. Mixtures of fine corn grits with 10 to 50% fraction of native wheat starch, pea flour or chemically modified starches and with water addition of 5 and 10 wt% were prepared in laboratory for extrusion using a KE 19/25 laboratory extruder (Brabender, Germany). During the extrusion feed rates, screw speeds, compression ratios of the screw, temperature distributions along the extrusion barrel, die diameters, and pressure on the head were monitored. The effect of extrusion parameters and the chemical composition of the feed mixture on SDS content in extrudates were tested. The highest value of SDS (66.8 %) in the extrudate together with acceptable sensory properties was found for 5% water addition in the premix of 10% fraction of cross-linked starch Moramyl ZBH.

**Key words:** extrusion, modified starches, slowly digestible starch, rapidly digestible starch.

### Kontaktní adresa – Contact address:

Ing. Petra Smrčková, Ph.D., Vysoká škola chemicko-technologická, Ústav sacharidů a cereálií, Technická 5, 166 28 Praha 6 Dejvice, Česká republika, e-mail: petra.smrckova@vscht.cz