

## IZOLÁCIA A CHEMICKÁ CHARAKTERIZÁCIA PŠENIČNÝCH ARABINOXYLÁNOV

LENKA BLAŽEKOVÁ, SILVIA BIELEČKOVÁ  
a VIERA HORVÁTHOVÁ

Katedra biológie, Fakulta prírodných vied Univerzity  
sv. Cyrila a Metoda v Trnave, Nám. J. Herdu 2, 917 01  
Trnava  
lenka.blazekova@ucm.sk, viera.horvathova@ucm.sk

Došlo 26.6.14, prepracované 26.11.14, prijaté 9.12.14.

Kľúčové slová: arabinoxylány, izolácia, pšenica,  
neškrobové polysacharidy

### Obsah

1. Úvod
2. Charakterizácia chemickej štruktúry a vlastnosti arabinoxylánov
3. Izolácia arabinoxylánov
4. Zdraviu prospešné účinky arabinoxylánov
5. Záver

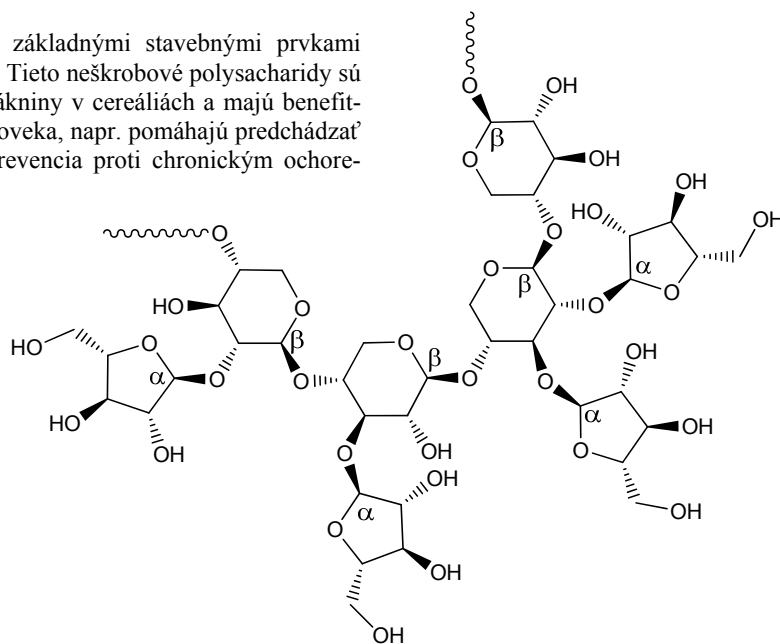
### 1. Úvod

Arabinoxylány sú základnými stavebnými prvkami bunkovej steny obilnín. Tieto neškrobové polysacharidy sú časťou potravinovej vlákniny v cereáliách a majú benefičné účinky na zdravie človeka, napr. pomáhajú predchádzať obezite a slúžia ako prevencia proti chronickým ochore-

niam typu diabetes, rakovina, kardiovaskulárne ochorenia, ochorenia gastrointestinálneho traktu. Chemická štruktúra arabinoxylánov je založená na lineárnom reťazci  $\beta$ -(1-4)-D-xylopyranózových jednotiek, ktoré môžu byť substituované  $\alpha$ -L arabinofuranózou v O-2 alebo O-3 pozícii alebo v oboch. Menšie zložky arabinoxylánov sú hydroxyškoricové kyseliny, najmä kyselina ferulová, ktoré sú viazané vo forme esteru na O-5 polohe arabinózy.

Na základe rozpustnosti a extrahovateľnosti je možné zaradiť arabinoxylány a glukuroarabinoxylány na vo vode extrahovateľné a neextrahovateľné, tie sa extrahujú alkalicky alebo enzýmovou degradáciou, pričom podľa extrahovateľnosti majú aj arabinoxylány rozdielne fyzikálno-chemické vlastnosti<sup>1</sup>. V čiastočne zdrevnatených pletivách (napr. v otrubách) sa nachádzajú vodou neextrahovateľné arabinoxylány, zložené predovšetkým z arabinózy, xylózy a metylovej kyseliny glukurónovej<sup>2</sup>. V endosperme pletív sú prítomné aj vodou extrahovateľné aj vodou neextrahovateľné arabinoxylány. V pšeničnom endosperme predstavujú celkom 25–30% podiel vo vode extrahovateľných AX a ostatok tvorí vodou neextrahovateľná forma. Celkový obsah arabinoxylánov rovnako ako aj podiel vodou extrahovateľných arabinoxylánov a ich molekulovej hmotnosti závisí od odrôd pšenice<sup>3</sup>.

V súčasnosti poznáme množstvo metód izolácie a extrakcie arabinopolymérov z pšeničnej múky. Niektoré metódy zahŕňajú náročné kroky a operácie, pri iných vznikajú arabinoxylány obsahujúce značné množstvo kontami-



Obr. 1. Chemická štruktúra arabinoxylánov<sup>5</sup>

nujúcich proteínov a  $\beta$ -glukánov<sup>4</sup>. Jednotlivé postupy sa však môžu líšiť v teplote vody, jednotlivých časových intervaloch v určitých krokoch izolácie.

## 2. Charakterizácia chemickej štruktúry a vlastností arabinoxylánov

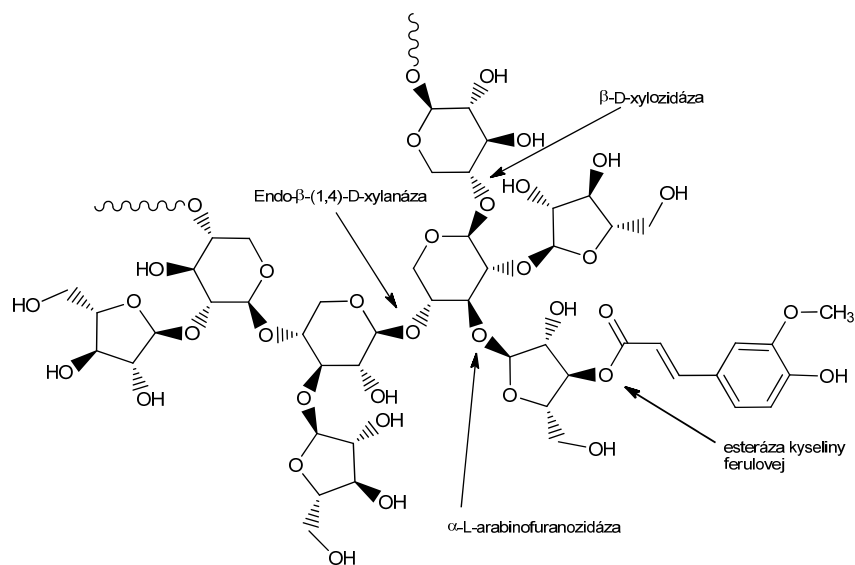
Arabinoxylány (AX) predstavujú hlavné neškrobové polysacharidy prítomné v obilninách<sup>4</sup>. Z hľadiska chemickej štruktúry patria k heteropolysacharidom, pričom základ tvoria pentózové jednotky arabinózy a xylózy (obr. 1). Primárnu kostru AX tvoria predovšetkým  $\beta$ -(1-4)-D-xylopyranózové jednotky spojené do polymérneho reťazca. Na polyxylánový reťazec sú naviazané zvyšky  $\alpha$ -L arabinofuranózy, pričom existujú aj prípady, kedy hlavný reťazec tvoria  $\alpha$ -L-arabinofuranóze zvyšky, na ktoré sa viažu  $\beta$ -D-xylopyranózové zvyšky. V prípade polyxylánového reťazca sú pozície O-2, O-3 substituované  $\alpha$ -arabinofuranozylóvymi zvyškami. Na hlavnú kostru sú naviazané aj zvyšky kyseliny ferulovej a acetylové zvyšky. Kyselina ferulová spája AX s ďalšími komponentami bunkových stien rastlín<sup>6</sup>. V prípade nedostatočného obsahu arabinofuranozylóvých zvyškov v hlavnej hemicelulóze sú v polohe O-2 polyxylánového reťazca naviazané zvyšky kyseliny 4-O-metyl- $\alpha$ -glukurónovej<sup>7</sup>. Acetylové, propiónové, resp. feruloylované zvyšky majú protektívny účinok v ochrane voľných hydroxylových skupín glykozylových zvyškov, ktoré sú tak pripojené k ďalším zložkám vlákny.

Z hľadiska konformácie patria k najstabilnejším arabinózové a xylánové zvyšky. Glukuronoarabinoxylány (GAX) prítomné v bunkových stenách sa líšia od arabinoxylánov naviazanými zvyškami 4-O-metyl- $\beta$ -D-glukopyranózy kyseliny glukurónovej, ktoré sú substituované v pozícii O-2 na hlavnom polyxylánovom reťazci (obr. 2). GAX nachádzajúce sa prednostne v obalových vrstvách vo

vode neextrahovateľnej forme sa líšia od AX z hľadiska distribúcie bunkových stien pletív<sup>9</sup>. Vo vode extrahovateľné GAX majú 2-O- $\beta$ -D-xylopyranozyl-L-arabinózový reťazec, ktoré v mitogénnych a komitogénnych testoch vykazujú vysokú imunomodulačnú aktivitu<sup>10</sup>. GAX prítomné v pšeničných otrubách majú však veľmi rozvetvenú štruktúru zloženú z  $\beta$ -(1-4)-xylánovej kostry, na ktorú sú pripojené postranné reťazce  $\alpha$ -(1-2)- a  $\alpha$ -(1-3)-arabinózy. Kyselina glukurónová a jeho 4-O-metyl étery sú prítomné aj v pozíciách neredukujúcich koncov reťazca<sup>11,12</sup>.

Medzi základ monomérov tvoriach AX sa zaraďujú štyri jednotky: C-(O)-3-disubstituovaná xylóza, C-(O)-3-monosubstituovaná xylóza, nesubstituovaná xylóza a C-(O)-2-monosubstituovaná xylóza<sup>14</sup>.

V prípade štiepenia arabinoxylánov na xylooligosacharidy zohrávajú kľúčovú úlohu hlavne endo-1,4- $\beta$ -xylanázy (EC 3.2.1.8)<sup>15</sup>. Ich úlohou je vnútorná hydrolyza xylánovej kostry arabinoxylánov, čím spôsobujú veľké zmeny vo fyzikálno-chemických vlastnostiach AX.  $\beta$ -D-xylanázy patria do rodiny glykozidových hydroláz. Väčšina týchto enzýmov patrí k rodine 10 a 11 glykozidových hydroláz<sup>16</sup>. Ako bolo spomínané, štruktúra AX sa skladá z  $\beta$ -(1,4)-xylozylovej kostry, ktorá je v polohe C-(O)-2 a C-(O)-3 substituovaná arabinózovými zvyškami, pričom viazané zvyšky kyseliny ferulovej môžu byť esterifikované v polohe C-(O)-5 na arabinózovom zvyšku. Endo- $\beta$ -(1,4)-D-xylanáza štiepi vnútorne xylózovú chrbticu, po degradácii reťazca enzýmy  $\beta$ -D-xylozidázy (EC 3.2.1.27) následne štiepia monomérne jednotky xylózy z neredukujúceho konca xylooligosacharidu;  $\alpha$ -L-arabinozidáza (EC 3.2.1.55) odstraňuje substituenty arabinózy z xylánového základu a esteráza kyseliny ferulovej (EC 3.1.1.73) hydrolyzuje kyslé skupiny kyseliny ferulovej z arabinózových substituentov<sup>17</sup>(obr. 2).



Obr. 2. Štruktúra AX a miesta pôsobenia xylanolytických enzýmov podieľajúcich sa na degradácii na xylooligosacharid<sup>17</sup>

### 3. Izolácia arabinoxylánov

Na základe rozpustnosti a extrahovateľnosti je možné zatriediť arabinoxylány a glukuronoarabinoxylány (tzv. arabská guma) na vo vode extrahovateľné (VEAX) a neextrahovateľné (VNAX), tie sa extrahujú alkalicky alebo enzýmovou degradáciou (AEAX/ERAX) (obr. 3)<sup>14</sup>, pričom podľa extrahovateľnosti majú aj AX rozdielne fyzikálno-chemické vlastnosti<sup>1</sup>. Arabinoxylány sú vo veľkej miere prítomné vo vode extrahovateľnej forme, v pšeničnom endosperme predstavujú celkom 25–30 % a zvyšok tvorí vodou neextrahovateľná forma<sup>18</sup>. Táto je viazaná kovalentne alebo nekovalentne s proteínmi,  $\beta$ -glukánmi, lignínom, resp. pomocou ďalších arabinoxylánových molekúl<sup>19,20</sup>. Čo sa týka väzieb vodou extrahovateľných arabinoxylánov, tie sú prítomné ako voľne viazané zložky v bunkových stenách frakcií obilného zrna<sup>21,22</sup>. Neúplná krížová väzba AX s ďalšími komponentmi, štruktúrne rozdiely, resp. enzýmová degradácia v jadre sú faktory zodpovedné za voľnú väzbu VEAX<sup>23</sup>.

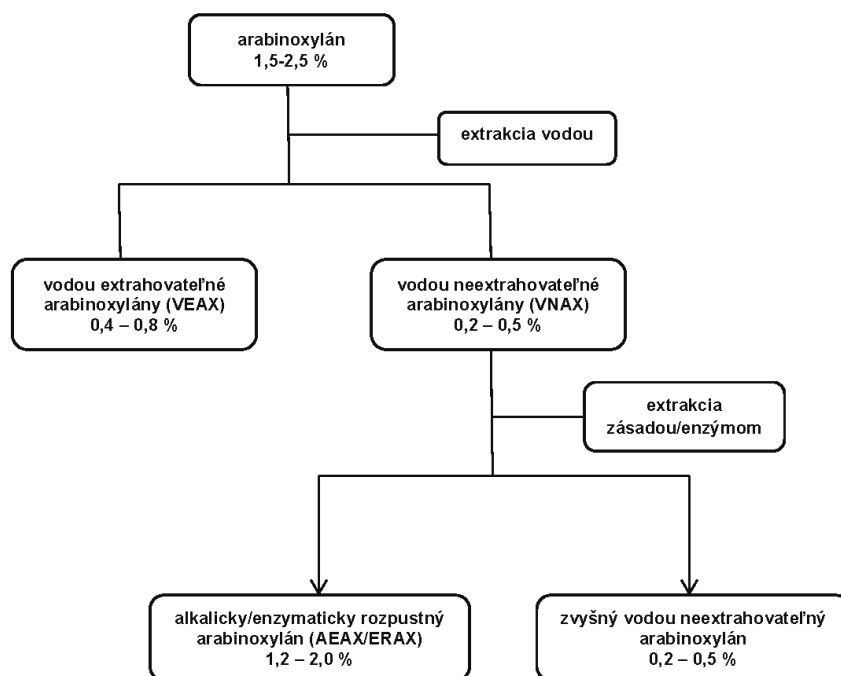
Podľa rozdelených AX sa uvádzajú viaceré spôsoby skúmajúce optimálnu a ekonomicky najvýhodnejšiu izoláciu. Počas izolácie však môže dôjsť k viacerým komplikáciám, napr. arabinoxylány môžu hydrolyzovať, tým dochádza aj k výslednému nižšiemu výťažku izolovaných AX, alebo v neposlednom rade komplikácie spôsobujú koseparované kontaminanty vo forme bielkovín, glukánov alebo polyfenolov.

Výskumy zameriavajúce sa na izoláciu arabinoxylánov používajú ako vstupný materiál najčastejšie pšeničné otruby, nakoľko obsahujú vysoký podiel AX. Práve extrakcia AX by mohla zlepšiť využívanie a zvýšiť tak aj potenciál otrúb, ktoré sú brané ako druhotná surovina pri spracovávaní pšenice na bielu múku<sup>24</sup>.

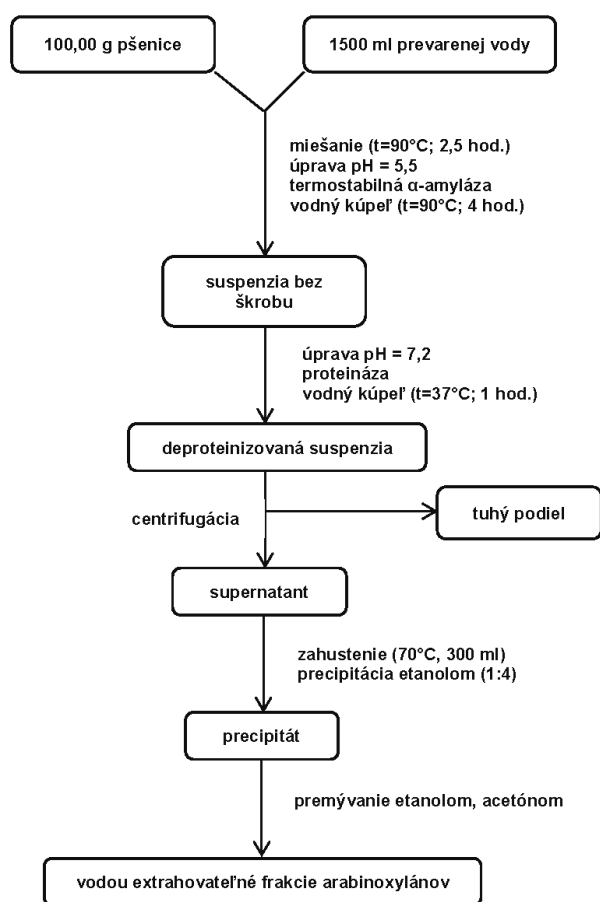
#### Izolácia vodou extrahovateľných arabinoxylánov

Vo vode extrahovateľná forma arabinoxylánov (VEAX) nie je zosietená v bunkových stenách zvyškami kyseliny ferulovej, čím sa stávajú veľmi dobre rozpustné vo vode. Na ich izoláciu sa používa najčastejšie zohriata destilovaná voda určitej teploty, na základe čoho je aj doba extrakcie časovo rozdielna<sup>24</sup>.

V súčasnosti existuje čoraz viac jednotlivých postupov na izoláciu, resp. extrakciu AX, pričom postupy sa môžu odlišovať v teplote vody, jednotlivých časových intervaloch v určitých krokoch izolácie<sup>25,26</sup>. Rao a Muralikrishna<sup>27</sup> izolovali vodou extrahovateľné arabinoxylány zo pšenice (obr. 4). Podľa Du a spol.<sup>26</sup> sú najvhodnejšou frakciou pšenice pre izoláciu práve otruby. Zaujímavosťou je, že sa neizolujú priamo VEAX, ale najskôr sa vzorka otrúb zmieša s 300 ml priemyselného metylalkoholu (70 %, v/v), ktorá sa pri teplote 80 °C mieša na magnetickom miešadle po dobu 4 h. Takto pripravená suspenzia sa ochladí na laboratórnu teplotu a prefiltruje sa. Filtrát sa premyje 30 ml 70% metylalkoholu a separovaný pevný



Obr. 3. Kategorizácia arabinoxylánov na základe ich extrahovateľnosti, rozpustnosti a ich percentuálne zastúpenie v pšeničnom endosperme<sup>14</sup>

Obr. 4. Izolácia vodou extrahovateľných arabinoxylánov<sup>27</sup>

podiel sa následne suší pri 50 °C počas 12 h. Postup sa používa na purifikáciu otrúb, z ktorých sa následne izolujú VEAX precipitovaním metylalkoholom<sup>26</sup>.

Vodou extrahovateľné arabinoxylány sú známe pre svoj viskózný charakter a želírovaciu schopnosť.

#### Izolácia arabinoxylánov pomocou zásad a enzýmov

Terminológia vodou extrahovateľné, vodou neextrahovateľné a alkalicky extrahovateľné arabinoxylány zvyčajne chýba v mnohých výskumných prácach. Courtin a Delcour<sup>14</sup> jasne diskutujú o použití týchto výrazov.

Použitie zásad počas extrakcie AX naruší mostíky medzi arabinoxylánovými molekulami, arabinoxylány sa z bunkovej steny uvoľnia, stanú sa vo vode rozpustné a označujú sa ako alkalicky rozpustné. Alternatívne, enzýmy môžu byť použité na ovplyvnenie extrakcie arabinoxylánov. Endoxylanáza, enzým použitý na hydrolýzu AX, môže byť označený ako enzým extrahovateľný arabinoxylány. Použitie enzýmov zmení molekulovú hmotnosť a funkčnosť AX. Je tiež známe, že enzýmy ovplyvňujú vodou extrahovateľné arabinoxylány.

#### Alkalicky extrahovateľné arabinoxylány

Zvyšky kyseliny ferulovej viazané na arabinoxylánovú kostru majú podstatný vplyv na vlastnosti AX, aj keď kyselina je prítomná len v malých množstvách. Diméry a triméry naviazanej kyseliny ferulovej spôsobujú zosietenie AX, čoho dôsledkom dochádza k tvorbe vo vode neextrahovateľných arabinoxylánov (VNAX), ktoré sú rozpustné alkalicky alebo enzymaticky.

Je viacero štúdií zameriavajúcich sa na metódy izolácie AX z bunkovej steny obilných frakcií<sup>28,29</sup>. V pšeničných otrubách tvorí veľkú časť celkových AX alkalicky extrahovateľnú formu. Ich extrakcia je komplikovanejšia v porovnaní s VEAX, nakoľko kovalentná väzba medzi karboxylovými skupinami kyseliny urónovej a hydroxylovými skupinami AX, ako aj tvorba diferulových mostíkov medzi susednými reťazcami arabinoxylánov, sú v priamom vzťahu k ich rozpustnosti<sup>30</sup>.

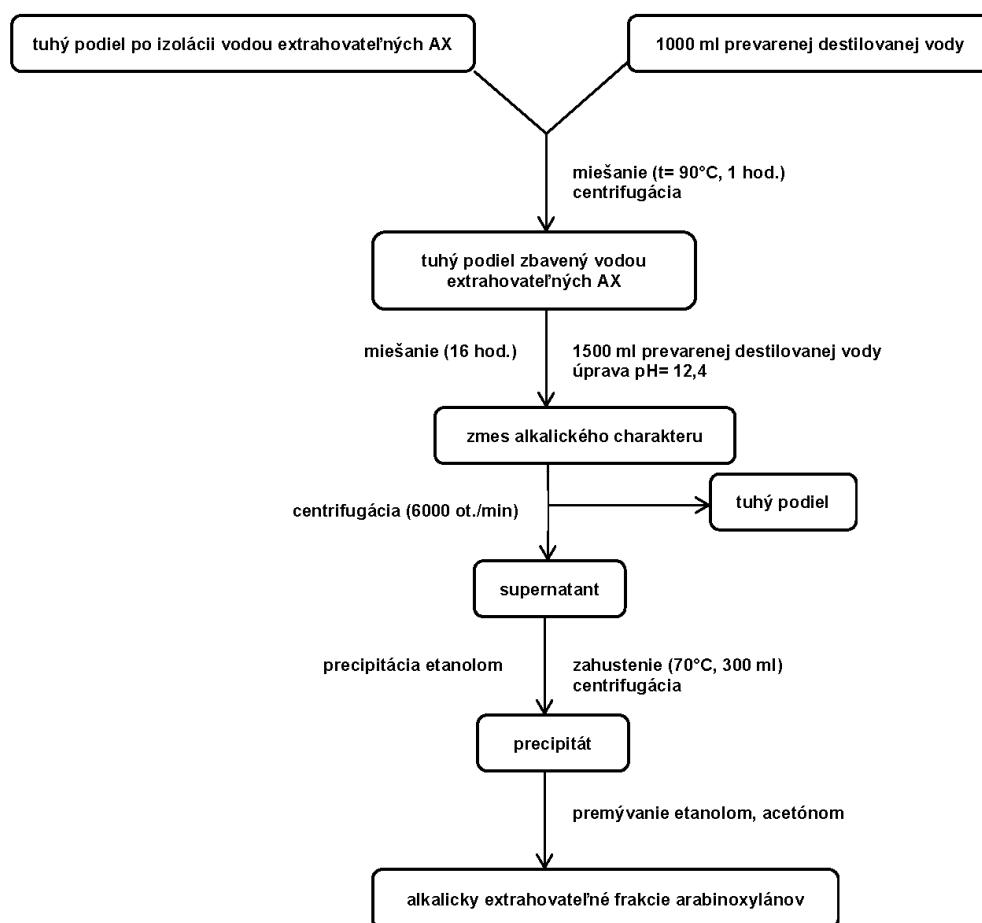
Extrakcia AX pomocou zásad (NaOH, Ca(OH)<sub>2</sub>, Ba(OH)<sub>2</sub>) je preferovaný spôsob extrakcie AX z bunkovej steny pšeničných otrúb, v niektorých prípadoch sa používa roztok peroxidu vodíka (obr. 5).

Počas alkalickéj extrakcie dochádza k deesterifikácii esterov kyseliny ferulovej z α-L-arabinofuranozylového zvyšku, čím sa odstraňujú di- a triferulované zosietené väzby, a tým sa uvoľnia arabinoxylány<sup>29</sup>. Je však potrebné poznamenať, že nie všetky prítomné molekuly kyseliny ferulovej sa podieľajú na zosieťovaní, nezosietené zvyšky sa teda nachádzajú vo vode neextrahovateľných AX. Rizikom pri extrakcii VNAX alkalickými roztokmi je uvoľnenie funkčných skupín AX, hlavne kyseliny ferulovej, čím sa menia funkčné vlastnosti AX<sup>28</sup>.

V prípade izolácie vo vode neextrahovateľných AX je možné použiť priamo tuhý podiel separovaný v poslednom kroku pri izolácii VEAX. Postup je princípom takmer rovnaký s izoláciou VEAX s rozdielom, že pri samotnej extrakcii VNAX sa používajú alkalické roztoky ako je hydroxid sodný, alebo hydroxid bárnatý<sup>26</sup>. Niektoré vzorky pred samotnou izoláciou sa podrobia predúprave (v prípade pšeničných otrúb) premývaním priemyselným metylalkoholom.

#### Enzymaticky extrahovateľné arabinoxylány

Endoxylanáza, resp. (1-4)-β-D-xylanohydroláza (EC 3.2.1.8.) je enzým hydrolyzujúci arabinoxylány, pričom často slúži na modifikáciu vlastností arabinoxylánov. Pôsobí vo vnútri hlavného reťazca arabinoxylánov, čím dochádza k uvoľneniu naviazaného vodou neextrahovateľného arabinoxylánu a zároveň degraduje vodou extrahovateľný AX a znižuje molekulovú hmotnosť rozpustného AX (cit.<sup>31</sup>). Endoxylanázy patriace do rodiny glykozidhydroláz (GH) sa líšia vo svojich preferenciách pre AX a teda aj ich substrátová selektivita má vplyv na použitie AX v rôznych aplikáciách. Endoxylanáza, ktorá sa zatrieďuje do GH rodiny 10 z *Aspergillus aculeatus*, degraduje VEAX a rozpustný arabinoxylán, čím sa zlepšuje aglomerácia lepku. Naproti tomu endoxylanáza (GH rodina 11) z *Bacillus subtilis* má rozdielnú špecifickosť, extrahuje vodou ne-

Obr. 5. Izolácia alkalicky extrahovateľných arabinoxylánov<sup>28</sup>

extrahovateľné AX, avšak neatakuje vodou extrahovateľné a rozpustné AX, čo má priaznivý vplyv na objem chleba<sup>32,33</sup>.

V princípe je izoláciou enzymaticky extrahovateľných arabinoxylánov (ERAX) ich samotné uvoľňovanie/rozpúšťanie, ktoré sa hodnotí polymerizačným meraním rozpustnej xylózy uvoľnenej do supernatantu po inkubácii s rôznymi hmotnosťami endoxylanázy. Výsledky štúdie ukazujú, že rozpúšťanie ERAX je priamo úmerné s množstvom použitej endoxylanázy, čo umožňuje definovať tzv. rozpúšťaciu aktivitu rozpustného a vodou extrahovateľného arabinoxylánu. V prípade použitia nižších koncentrácií endoxylanázy dochádza k rozpúšťaniu rozpustných fragmentov AX a pri vyššej koncentrácii sa okrem zvýšeného rozpúšťania rozpustného AX tieto fragmenty degradujú na fragmenty s nižšou molekulovou hmotnosťou<sup>1</sup>.

#### 4. Zdraviu prospešné účinky arabinoxylánov

Viac ako 64 % svetovej populácie využíva prírodné zdroje v boji a prevencii proti ochoreniam<sup>34</sup>, pričom takmer 50 % syntetických liekov bolo odvodených po chemickej stránke zo zdrojov rastlinného pôvodu. V posledných rokoch boli uskutočnené výskumy vlastností obilných polysacharidov, pričom boli potvrdené ich zdraviu prospešné vlastnosti<sup>35,36</sup>. Arabinoxylány predstavujú cieľovú skupinu (popri  $\beta$ -glukánoch) epidemiologických výskumov, ktoré sú dôkazom, že potraviny s ich vysokým obsahom majú prospešnú funkciu a slúžia ako prevencia proti chronickým ochoreniam typu diabetes, rakovina, kardiovaskulárne ochorenia, ochorenia gastrointestinálneho traktu a iné<sup>37,38</sup>. Sú známe fyziologické vlastnosti obilných vodou rozpustných aj nerozpustných AX vrátane stimulácie lepšej priechodnosti čriev, čím sa zlepšuje aj účinok črevnej mikroflóry, zlepšuje sa adsorpcia mutagénov v potravinách, redukuje hladina sacharidov v krvi, pozitívne ovplyvňuje reguláciu inzulínu, zabraňuje zvyšovaniu hladiny cholesterolu v krvnom sére a pečeni<sup>39</sup>. Na

základe týchto poznatkov je potrebné preskúmať uvedené vlastnosti AX na ľudský organizmus, ich izoláciu a identifikáciu aktívnych zlúčenín, ktoré sa podieľajú na týchto činnostiach.

AX zo pšeničných otrúb preukazujú silné účinky na vrodene a získané imunitné odpovede organizmu, ktoré boli testované aj na myšiach<sup>40</sup>. Bolo navrhnuté, že arabinoxylány izolované alkalicky/enzymaticky z pšeničných otrúb by mohli byť potenciálnym zdrojom zvyšovania obranyschopnosti organizmu. Štúdie potvrdili, že imunomodulačná aktivita AX je úzko spätá s antikarcinogénnou aktivitou, pričom sa zvyšuje aktivačný potenciál T- a B-buniek a tiež humorálna a celková imunitná aktivita u myši<sup>41</sup>. Dá sa povedať, že AX stimulujú protilátky, ktoré sprostredkujú imunitnú odpoveď, medzi ktoré patria fagocyty (monocyty, neutrofilné granulocyty), interleukíny<sup>42</sup>.

V pšeničných arabinoxylánoch prítomné zvyšky kyseliny hydroxyškoricevej vykazujú chemoprotektívnu a anti-oxidačnú aktivitu, pričom ich obsah predstavuje cca 0,4 až 0,7 % celkového obsahu kyseliny škoricevej<sup>43</sup>.

AX z pšeničných otrúb ako skvasiteľný substrát pomáhajú v raste fakultatívne anaeróbnym, Gram-pozitívnym baktériám vo fermentovaní kyseliny mliečnej a tvorení peroxidu vodíka, pričom sa tak potláča rast črevných patogénov, zlepšuje sa trávenie a prispieva tým k lepšiemu využitiu živín<sup>44,45</sup>. V rámci *in vitro* testov pôsobí AX, resp. ich komponenty ako kyselina hydroxyškoricevová a jej konjugáty, prostredníctvom imunomodulačnej aktivity nepriamo na antimikrobiálnu aktivitu<sup>46,47</sup>.

## 5. Záver

V poslednej dobe vzrástol záujem o arabinoxylány aj arabinoxylánové oligosacharidy najmä v potravinárskom a krmnom priemysle. Sú známe rôzne metódy extrakcie a izolácie pšeničných arabinoxylánov, avšak preferovaným spôsobom extrakcie arabinoxylánov z bunkovej steny pšeničných otrúb je izolácia pomocou zásad. Štúdie, ktorých predmetom je izolácia arabinoxylánov, sú zamerané predovšetkým na pšeničné otruby, nakoľko obsahujú ich vysoký podiel. Práve extrakcia by mohla zlepšiť využívanie a zvýšiť tak aj potenciál otrúb, ktoré sú brané ako druhotná surovina pri spracovávaní pšenice na bielu múku. Na izoláciu vodou extrahovateľných arabinoxylánov sa najčastejšie využíva zohriata voda (80–90 °C) s rôznou dobou extrakcie, kým na separáciu vodou neextrahovateľných rôzne metódy alkalickéj hydrolýzy kovalentných väzieb (využitie NaOH, Ca(OH)<sub>2</sub> či Ba(OH)<sub>2</sub>).

## LITERATÚRA

- Moers K., Celus I., Brijs K., Courtin C. M., Delcour J. A.: *Carbohydr. Res.* 340, 1319 (2005).
- Pomeranz Y. (ed.): *American Association of Cereal Chemists*. St. Paul, Minnesota 1986.
- Bonnin E., Le Goff A., Saulnier L., Chaurand M., Thibault J. F.: *J. Cereal Sci.* 28, 53 (1998).
- Dervilly-Pinel G., Rimsten L., Saulnier L., Andersson R., Aman P.: *J. Cereal Sci.* 34, 207 (2001).
- Izydordzyk M., Cui S. W., Wang Q., v knihe: *Food Carbohydrates. Chemistry, Physical Properties, and Applications* (Cui S. W., ed.). CRC Press, New York 2005.
- Ebringerová A., Hromádková Z., Heinze T.: *Adv. Polym. Sci.* 128, 1 (2005).
- Sinnot M. L. (ed.): *Carbohydrate Chemistry and Biochemistry*. RSC Publishing, Cambridge 2007.
- Royer W. E., Zhu H., Gorr T. A., Flores J. F., Knapp J. E.: *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 93, 526 (1996).
- Saulnier L., Sado P. E., Branlard G., Charmet G., Guillon F.: *J. Cereal Sci.* 46, 261 (2007).
- Ebringerová A., Hromádková Z., Alfoldi J., Hribalová V.: *Carbohydr. Polym.* 37, 231 (1998).
- Ring S. G., Selvedran R. R.: *Phytochem.* 19, 1723 (1980).
- Brillouet J. M., Mercier C.: *J. Sci. Food Agric.* 32, 243 (1981).
- Stephen A. M., Philips G. O., Williams P. A. (ed.): *Food polysaccharides and their applications*. CRC Press, New York 2006.
- Courtin C. M., Delcour J. A.: *J. Cereal Sci.* 35, 225 (2002).
- Dekker R. F., Richards G. N.: *Adv. Carbohydr. Chem. Biochem.* 32, 277 (1976).
- Henrissat B.: *Biochem. J.* 280, 309 (1991).
- Dornez E., Gebruers K., Delcour J. A., Courtin C. M.: *Trends Food Sci. Technol.* 20, 495 (2009).
- Meuser F., Sucklow P.: *Chemistry and physics of baking*. The Royal Society of Chemistry, London 1986.
- Lam T. B. T., Iiyama K., Stone B. A.: *Phytochem.* 31, 2655 (1992).
- Iiyama K., Lam T. B. T., Stone B. A.: *Covalent crosslinks in the cell wall. In Plant Physiology*. University of Agriculture, Brno 1994.
- Mares D. J., Stone B. A.: *Aust. J. Biol. Sci.* 26, 793 (1973).
- Mares D. J., Stone B. A.: *Aust. J. Biol. Sci.* 26, 813 (1973).
- Neukom H.: *Food Sci. Technol.* 9, 143 (1976).
- Wang J., Sun B. G., Cao Y. P., Wang C. T.: *Food Chem.* 123, 472 (2010).
- Bataillon M., Mathali P., Cardinali A. P., Duchiron F.: *Ind. Crops Prod.* 8, 37 (1998).
- Du C., Campbell G. M., Misailidis N., Mateos-Salvador F., Sadhukhan J., Mustafa M.: *Chem. Eng. Res. Des.* 87, 1232 (2009).
- Rao R. S. P., Muralikrishna G.: *Phytochem.* 67, 91 (2006).
- Zhou S., Liu X., Guo Y., Wang Q., Peng D., Cao L.: *Carbohydr. Polym.* 81, 784 (2010).
- Kale M. S., Hamaker B. R., Campanella O. H.: *Food Hydrocolloids* 31, 121 (2013).
- Gruppen H., Hoffmann R. A., Kormelink F. J. M., Voragen A. G. J., Kamerling J. P., Vliegthart J. F.

- G.: Carbohydr. Res. 233, 45 (1992).
31. Petit-Benvegnen M. D., Saulnier L., Rouau X.: Cereal Chem. 75, 551(1998).
  32. Courtin C. M., Gelders G. G., Delcour J. A.: J. Cereal Sci. 78, 564 (2001).
  33. Courtin C. M., Delcour J. A.: J. Cereal Sci. 33, 301 (2001).
  34. Farnsworth N. R. (ed.): *The role of ethnopharmacology in drug development. Bioactive compounds from plants*. Wiley Interscience, New York 1990.
  35. Neyrinck A. M., Possemiers S., Druart C., Van de Wiele T., Backer F., Cani P. D., Larondelle Y., Delzenne N. M.: Open Access. 6, 20944 (2011).
  36. Paulsen B. S.: Phytochem. 1, 379 (2002).
  37. Aruoma O. I.: Mutat. Res. 544, 9 (2003).
  38. Slavin J. L.: J. Am. Coll. Nutr. 19, 300 (2000).
  39. Ogawa K., Takeuchi M., Nakamura N.: Biosci. Biotechnol. Biochem. 69, 19 (2005).
  40. Cao L., Liu X., Qian T., Sun G., Guo Y., Chang F., Zhou S., Sun X.: Int. J. Biol. Macromol. 48, 160 (2011).
  41. Akhtar M., Tariq A. F., Muhammad Awais M., Iqbal Z., Muhammad F., Shahid M., Hiszczynska-Sawicka E.: Carbohydr. Polym. 90, 333 (2012).
  42. Ghoneum M., Gollapudi S.: Cancer Lett. 201, 41 (2003).
  43. Clifford M. N.: J. Sci. Food Agric. 80, 1033 (2000).
  44. Brisbin J. T., Zhou H., Gong J., Sabour P., Akbari M. R., Haghghi H. R., Yu H., Clarke A., Sarson A. J., Sharif S.: Dev. Comp. Immunol. 32, 563 (2008).
  45. Kabir S. M. L.: Int. J. Mol. Sci. 10, 3531(2009).
  46. Ebringerová A., Kardošová A., Hromádková Z., Malovíková A., Hribalová V.: Int. J. Biol. Macromol. 30, 1 (2002).
  47. Ghoneum M., Matsuura M.: Int. J. Immunopathol. Pharmacol. 17, 283 (2004).

**L. Blažeková, S. Bielečková, and V. Horváthová**  
*(Department of Biology, Faculty of Natural Sciences, St. Cyril and Methodius University, Trnava, Slovakia):* **Isolation and Chemical Characterisation of Wheat Arabinoxylans**

The main building components of arabinoxylans (AX) are  $\alpha$ -L-arabinose and  $\beta$ -D-xylose, but their structure varies largely with cultivar source and tissue. Cereal grains are the best known and most studied source of AX. Traditionally, AX are classified into water-extractable (WE-AX) and non-extractable AX (WN-AX). WN-AX are fixed in the cell wall by non-covalent and covalent bonds with other AX molecules or with other cell wall constituents. In contrast, WE-AX are loosely bonded to the cell wall by crosslinking with other components. A part of the AX from wheat flour, wheat bran can be extracted with water, yielding a WE-AX-containing fraction. Treatment of the water-non-extractable residue with Ba(OH)<sub>2</sub> solutions or with an alkaline solution of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> partly solubilizes WN-AX, yielding an alkali-solubilized AX-rich fraction.