



## Glukozinolati uljane repice kao antinutritivni faktori u ishrani životinja

Bojana Kokić • Dragan Palić

received: 12 December 2011. accepted: 25 January 2012.

© 2012 IFVC

doi:10.5937/ratpov49-1256

**Izvod:** Uljana repica ima višestruku namenu: ishrana životinja, proizvodnja ulja i biodizela. Sadržaj ulja u suvom semenu uljane repice iznosi 40–47% a sadržaj proteina 19–29%. Međutim, u semenu se nalaze i štetne materije: glukozinolati, eruka masna kiselina, fitini i tanin. U ovom radu je istaknut značaj uljane repice u ishrani domaćih životinja i prikazane su mogućnosti njenog uključivanja u obroke životinja u zavisnosti od sadržaja glukozinolata. Glavni antinutritivni faktor prisutan u ovoj uljanoj kulturi su upravo glukozinolati, te je u radu prikazan njihov biološki uticaj u ishrani životinja i njihova detoksikacija. Hemijski gledano, glukozinolati su heterozidi koji u okviru aglikonske komponente sadrže sumpor. Sami glukozinolati su biološki neaktivni molekuli, ali produkti njihove degradacije su biološki aktivni i poznati po svojim raznovrsnim biološkim efektima. Step negativnog uticaja glukozinolata u ishrani domaćih životinja zavisi od njihovog nivoa i sastava, nastalih degradacionih proizvoda, ali takođe i vrste i starosti životinja. U cilju smanjenja sadržaja glukozinolata koriste se različite metode koje obuhvataju njihovu hidrolizu ili dekompoziciju pre hranjenja životinja.

**Ključne reči:** antinutritivni faktori, glukozinolati, ishrana životinja, sadržaj, uljana repica

### Uvod

Uljane repice pripadaju familiji kupusnjača *Brassicaceae* (*Cruciferae*) a razlikujemo dve vrste: kupusnu uljanu repicu (*Brassica napus*) i ogršticu (*Brassica rapa*). Kod nas se pod pojmom uljana repica podrazumeva kupusna uljana repica, jer se ona uglavnom gaji, pošto je plemenitija i rodnija ali ima veće zahteve i manju otpornost na nepovoljne faktore (Crnobarac i sar. 2002). Po površinama koje zauzima u svetu, uljana repica se nalazi na trećem mestu, iza soje i pamuka (Marinković i sar. 2010).

Repica ima višestruku namenu: za ishranu ljudi, životinja i kao industrijska biljka. Nakon ekstrakcije ulja ostaje sačma čijom se daljom preradom dobijaju pogače koje se koriste u ishrani domaćih životinja, kako preživara tako i nepreživara. U zavisnosti od vrste životinja moguće je dodavati od 5% do 30% sačme u koncentrovanu stočnu hranu. U ishrani životinja se u određenoj srazmeri može koristiti i celo seme ili sirovo ulje kao energetska komponenta. Osim toga koristi se i sveža biljna masa, u kasnu jesen ili rano proleće 10 dana pre cvetanja, koja se odlikuje

visokim sadržajem proteina i niskim sadržajem vlakana (Marinković i sar. 2009).

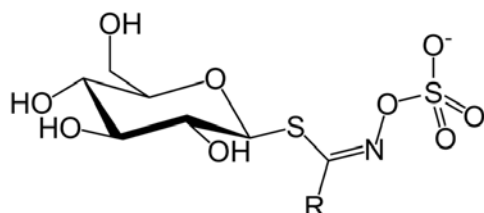
Sadržaj ulja u suvom semenu uljane repice iznosi 40–47% a sadržaj proteina 19–29% (Marinković i sar. 2010). Međutim, u semenu uljane repice se nalaze i štetne materije: glukozinolati, eruka masna kiselina, fitini i tanin. Stare sorte repice su imale visok sadržaj eruka kiseline u ulju (do 50%), pa je oko 3/4 ukupne proizvodnje korišćeno u tehničke svrhe. Eruka kiselina (22:1) je masna kiselina bez hranljive vrednosti koja je štetna po zdravlje jer oštećuje krvotok i izaziva hemolitičku anemiju i retardaciju rasta. Zbog toga je šezdesetih godina prošlog veka počela intenzivna selekcija sorata tzv. "0 tip" sa niskim sadržajem eruka kiseline (ispod 5%) i masnokiselinskim sastavom sličnim ulju soje ili suncokreta.

Kod starih sorti u sačmi se nalazilo i do 400  $\mu\text{mol g}^{-1}$  glukozinolata, a kod sorti "0" tipa sadržaj glukozinolata je oko 150  $\mu\text{mol g}^{-1}$ , što je i dalje ograničavalo njenu upotrebu u ishrani domaćih životinja. U poljskoj sorti Bronowski je 1967. pronađen prirodni mutant sa niskim sadržajem

B. Kokić • D. Palić  
Institute of Food Technology, Bul. cara Lazara 1, 21000 Novi Sad, Serbia  
e-mail: bojana.kokic@fins.uns.ac.rs

Acknowledgement: This paper has resulted from research on the project III 046012 "Istraživanje savremenih biotehnoških postupaka u proizvodnji hrane za životinje u cilju povećanja konkurentnosti, kvaliteta i bezbednosti hrane" financed by the Ministry of Education and Science of the Republic of Serbia.

glukoziolata, a već 1974. je u Kanadi stvorena prva sorta tipa "00" pod nazivom Tower koja je imala nizak sadržaj eruka kiseline i glukoziolata (do 30  $\mu\text{mol g}^{-1}$ ). Narednih godina se stvara još takvih sorti, te da bi se marketinški razlikovale od starijih sorti u Kanadi se za njih od 1978. godine uvodi novi naziv "Canola" pod čime se podrazumeva "00" sorte sa maksimalno 2% eruka kiseline i 30  $\mu\text{mol g}^{-1}$  glukoziolata (Crnobarac i sar. 2002). Taj kriterijum je pooštren u Evropi 1992. i Kanadi 1995. godine, jer je sadržaj ukupnih glukoziolata smanjen na 20  $\mu\text{mol g}^{-1}$  vazdušno suve sačme (Stanačević i sar. 2002). U svetu su canola sorte gotovo u potpunosti potisnule stare sorte, a u našoj zemlji postoje domaći varijeteti Banačanka, Slavica, Nena, Kata, Jovana i Mira (Marinković i sar. 2009).



Slika 1. Struktura glukoziolata  
Fig. 1. Structure of glucosinolate

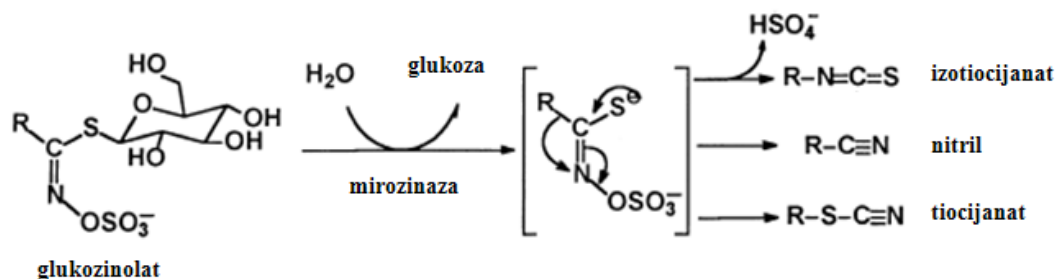
Prva zapažanja o jedinstvenim svojstvima glukoziolata i izotiocijanata zabeležena su početkom 17. veka kao rezultat pokušaja da se objasni hemijski izvor oštrog ukusa semena slačice. Otkrivanje i ranu istoriju glukoziolata i učestće enzima mirozinaze ( $\beta$ -tioglukozidaza) u njihovom prelasku u izotiocijanate je opisao Challenger (1959). Glukoziolati poznati pod nazivima sinigrin (2-propenil ili alil glukoziolat) i sinalbin (4-hidroksibenzil glukoziolat) su izolovani ranih 1830-tih godina, prvi iz semena crne slačice (*Brassica nigra*) a drugi iz semena bele slačice (*Sinapis alba*).

Glukoziolate karakteriše struktura sa bočnim nizom (R) i D-glukopiranoznim prstenom u obliku  $\beta$ -tioglukozida vezanim za nultni C-atom u (Z)-N-hidroksimin sulfatnim estrima (Sl. 1) (Sakač i sar. 2005). Strukturna raznolikost, koja podrazumeva postojanje više od 120 oblika organskih anjona koji sadrže sumpor sa  $\beta$ -D-tioglukoznom jedinicom, proističe iz mogućnosti variranja velikog broja različitih supstituenata na položaju R (Rosa et al. 1997, Marinković i sar. 2003).

### Hemija glukoziolata

Glukoziolati su grupisani u brojne hemijske klase na osnovu strukturne sličnosti. Najbrojniji glukoziolati su oni koji imaju nerazgranat ili razgranat ugljenični bočni lanac. Mnoga od ovih jedinjenja imaju dvostruke veze (olefini), hidroksilne ili karbonilne grupe ili sumporne veze u različitim oksidativnim stanjima. Najveća grupa (jedna trećina svih glukoziolata) sadrži atom sumpora u različitim stepenima oksidacije (npr. metil-tioalkil-, metilsulfinilalkil-, ili metilsulfonylalkil) (Fahey et al. 2001).

Glukoziolati su prisutni u svim delovima biljaka i fizički su odvojeni od enzima mirozinaze (tioglukozidaza EC 3.2.3.1). Oštećenje biljnog tkiva u toku obrade ili uzimanja hrane omogućava kontakt između glukoziolata i enzima mirozinaze. Glukoziolati su tada hidrolizovani dejstvom enzima mirozinaze koji je prisutan u biljci i mirozinaze koju proizvodi crevna mikroflora, pa dolazi do oslobađanja niza razgradnih proizvoda (Figuerra et al. 2001, Bernardi et al. 2003, Cheng et al. 2004). Rouzaud et al. (2003) potvrđuju hidrolizu glukoziolata dejstvom mirozinaze crevne mikroflora na osnovu ogleđa sa pacovima. Produkti hidrolize glukoziolata se sastoje od organskog aglukona i ekvimolarne količine glukoze i  $\text{KHSO}_4$  (Sl. 2) (Fahey et al. 2001). Aglukoni su nestabilni i podležu daljim reakcijama pa dolazi do formiranja



Slika 2. Hidroliza glukoziolata  
Fig. 2. Hydrolysis of glucosinolate

izotiocijanata, nitrila, tiocijanata, epitionitrila ili oksazolidintiona (na način koji zavisi od supstrata glukozinolata i reakcionih uslova, npr. pH ili prisustvo  $\text{Fe}^{2+}$ ). Enzimskom hidrolizom glukozinolata prisutnih u uljanoj repici uglavnom nastaju goitrin (5-viniloksazolidin-2-tion) i tiocijanatni joni.

Kvantitativnemetode određivanja glukozinolata koje su široko prihvaćene mogu se podeliti u dve grupe (Mawson et al. 1993):

1. Metode koju omogućavaju detaljne informacije o prirodi i količini pojedinačnih glukozinolata. Ove metode uključuju gasno-tečnu hromatografiju (GLC) i tečnu hromatografiju visoke performanse (HPLC).

2. Metode koje ukazuju samo na ukupan iznos glukozinolata u uzorku. Mnoge od ovih metoda se baziraju na određivanju glukoze koja se oslobađa hidrolizom glukozinolata pod dejstvom enzima mirozinaze.

#### **Biološki efekat glukozinolata koji se koriste u ishrani životinja**

Sami glukozinolati su biološki neaktivni molekuli, ali produkti njihove degradacije su biološki aktivni i poznati po svojim raznovrsnim biološkim efektima. Negativni uticaji glukozinolata na životinje su povezani sa njihovom koncentracijom u ishrani. Izotiocijanati su odgovorni za gorčinu (Van Doorn et al. 1998, Mithen et al. 2000), dok nitrili imaju degradirajući uticaj na zdravlje (Tanii et al. 2004). Tiocijanati, tiourea i oksazolidintion mogu da dovedu do prekida dostupnosti joda tiroidi i na taj način utiču na funkciju štitne žlezde (Wallig et al. 2002). Druge štetne posledice metabolita glukozinolata su gušavost (Burel et al. 2000, Wallig et al. 2002, Tripathi et al. 2001), hepatotoksičnost i nefrotoksičnost (Zang et al. 1999, Tanii et al. 2004).

Unos obroka koji sadrži glukozinolate je smanjen zbog prisustva sinigrina i progointrina, jer su oba ova glukozinolata povezana sa gorkim ukusom (Fenwick et al. 1982). Iako progointrin nije gorak, dejstvom enzima mirozinaze ili termičkom obradom prelazi u izuzetno gorko jedinjenje goitrin. Dakle, doprinos progointrina na ukus i gorčinu varira u zavisnosti od njegovog degradacionog proizvoda goitrina čije je nastajanje u funkciji uslova obrade. Glukonapin je takođe gorak glukozinolat, ali njegov uticaj na unos je povezan sa njegovim sadržajem (Heaney & Fenwick 1980). Stepem negativnog uticaja glukozinolata iz obroka zavisi od nivoa i sastava

glukozinolata i njihovih degradacionih proizvoda. Različite životinjske vrste imaju različitu sposobnost tolerancije prema glukozinolatima. Smrtnost je česta kod svinja, pacova i kunića kada je u hrani prisutan visok sadržaj glukozinolata.

#### *Monogastrične životinje*

Prasad su mnogo podložnija uticaju glukozinolata prisutnih u hrani (Corino et al. 1991). Obroci kod kojih je sadržaj ukupnih glukozinolata  $1,0 \mu\text{mol g}^{-1}$  i oksazolidintiona  $0,5 \mu\text{mol g}^{-1}$  nisu imali nikakvo štetno dejstvo, ali nivo glukozinolata od  $1,34 \mu\text{mol g}^{-1}$  ili  $2,79 \mu\text{mol g}^{-1}$  obroka je uticao na smanjen unos hrane i na rast (Ochetim et al. 1980, Bell et al. 1991). Obroci sa koncentracijom ukupnih glukozinolata od  $9-10 \mu\text{mol g}^{-1}$  su izazvali nedostatak joda, hipertrofiju jetre i štitne žlezde i smanjen sadržaj Zn u kostima (Mawson et al. 1994). Ukupan sadržaj glukozinolata u obrocima svinja treba držati ispod  $2 \mu\text{mol g}^{-1}$  suve materije obroka i treba obezbediti najmanje  $1.000 \mu\text{g}$  joda  $\text{kg}^{-1}$  obroka kao dopunu (Opalka et al. 2001).

Problem smanjenog unosa hrane izazvan prisustvom glukozinolata je više izražen kod koka nosilja i ćurki nego kod brojlera (Fenwick & Curtis 1980). U principu, brojleri se uzgajaju samo 6–8 nedelja, pa verovatno ovaj kratak period ishrane nije dovoljan da bi se primetili štetni efekti prisustva glukozinolata u hrani. Visok nivo glukozinolata u obroku dovodi do smanjenog unosa hrane, poremećaja rasta i povećanja smrtnosti (McNeill et al. 2004). Ukupan sadržaj glukozinolata iznad  $8 \mu\text{mol g}^{-1}$  obroka dovodi do ozbiljnog smanjenja rasta (Tripathi & Mishra 2007).

#### *Preživari*

Preživari su tolerantniji na glukozinolate, a odrasle životinje su tolerantnije u odnosu na mladunčad. Dejstvom mikroflore u digestivnom traktu preživara podstaknuta je transformacija glukozinolata i/ili njihovih metabolita (Mandiki et al. 2002). Iako su preživari prilično tolerantni, dugoročna ishrana hranom koja sadrži glukozinolate dovodi do gušavosti. Uvođenje sačme uljane repice čak i sa niskim sadržajem glukozinolata u ishranu mlečnih krava u povećanom udelu ipak dovodi do smanjenja plodnosti i izaziva smetnje u radu tiroide (Ahlin et al. 1994). Ingalls & Sharma (1975) navode da sadržaj glukozinolata preko  $23 \mu\text{mol g}^{-1}$  obroka dovodi do smanjenja unosa hrane i proizvodnje mleka kod mlečnih krava. Uticaj glukozinolata na rast teladi zavisi od uzrasta i težine životinje. Sadržaj glukozinolata

od 7,7  $\mu\text{mol g}^{-1}$  obroka ne utiče na rast teladi (Mawson et al. 1994).

Gubitak telesne težine zabeležen je kod ovaca koje su konzumirale obroke sa ukupnim sadržajem glukozinolata od 1,2-2,2  $\mu\text{mol g}^{-1}$  suve materije, što bi značilo unos od 2,5–7,6  $\text{mmol dan}^{-1}$  tokom laktacije (Mandiki et al. 2002). Sadržaj glukozinolata iznad 10  $\mu\text{mol g}^{-1}$  obroka izaziva smanjenje rasta kod mladih jagnjadi (Tripathi & Mishra 2007).

#### Ribe

Dodavanje sačme uljane repice u hranu za ribe je moguće, ali svi izveštaji preporučuju dodavanje u ograničenom nivou u zavisnosti od sadržaja glukozinolata u obroku (Glencross et al. 2004). Kod kalifornijske pastrmke (*Oncorhynchus mykiss*) hranjene obrocima koji su sadržali 1,4-19,3  $\text{mmol glukozinolata kg}^{-1}$ , zabeleženo je značajno smanjenje rasta i promenjena histologija tiroide (Burel et al. 2000). Tripathi & Mishra (2007) navode podatak da je količina glukozinolata od 1,4  $\mu\text{mol g}^{-1}$  obroka gornja bezbedna granica, ali ova količina može izazvati nizak nivo gušavosti.

#### Detoksikacija glukozinolata

Različite metode su isprobane da bi se uklonili glukozinolati ili da bi se smanjio njihov sadržaj kako bi se minimizirao štetan uticaj na zdravlje životinja. Većina ovih metoda obuhvata hidrolizu ili dekompoziciju glukozinolata pre hranjenja.

#### Mikronizacija i ekstrudiranje

Proces mikronizacije sačme uljane repice u trajanju od 90 s na 195°C je efikasan u smanjenju sadržaja glukozinolata. Mikronizacijom je uklonjeno 370  $\mu\text{mol/mmol}$  ukupnih glukozinolata, svi izotiocijanati, a ostali su tragovi oksazolidintiona. Upotreba mikronizovane sačme uljane repice u obroku dovela je to poboljšanja svarljivost hranljivih materija kod svinja u tovu (Fenwick et al. 1986).

Ekstrudiranje sačme uljane repice je efikasnije u uklanjanju glukozinolata od mikronizacije. Postupak suve ekstruzije snizio je sadržaj ukupnih glukozinolata u rasponu 10–15% (Sakač i sar. 2006). Vlažno ekstrudiranje sačme uljane repice sa visokim sadržajem glukozinolata uz upotrebu amonijaka (temperatura od 150°C, brzina obrtanja puža 200 obrt/min, koncentracija amonijaka 2%), dovelo je do

značajnog smanjenja (670  $\mu\text{mol/mmol}$ ) u ukupnom sadržaju glukozinolata (Huang et al. 1995). Upotreba ekstrudirane sačme uljane repice u ishrani poboljšava unos suve materije, prinos i biološku vrednost proteina.

#### Tretman vodom i rastvorima metala

Tretiranje sačme uljane repice sa bakarsulfatom (1 kg sačme uljane repice natopljen u 2 litre rastvora bakarsulfata, 6,25 g  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  rastvoreno u 2 litre vode i sušeno na 60°C) bilo je efikasno u smanjenju ukupnih glukozinolata u iznosu od 900  $\mu\text{mol/mmol}$  (Das & Singhal 2005). Upotreba ovako tretirane sačme uljane repice u ishrani brojlera i svinja (80 ili 160  $\text{g kg}^{-1}$ ) uticala je na poboljšanje rasta, funkcije tiroide i statusa joda.

#### Fermentacija čvrstog ili polučvrstog supstrata („Solid-state“ fermentacija)

Fermentacija čvrstog ili polučvrstog supstrata sačme uljane repice (sterilisana na 121°C u trajanju od 15 minuta) koristeći *Rhizopus oligosporus* i *Aspergillus* sp. (sačma:voda u odnosu 1:3, na 25°C pod aerobnim uslovima, 10 dana) dovela je do inaktivacije mirozinaze i smanjenja ukupnih glukozinolata od 431  $\mu\text{mol/mmol}$  (Vig & Walia 2001). Do kompletne degradacije glukozinolata došlo je posle 60-96 h fermentacije na 30°C (Rakariyatham & Sakorn 2002). Dekompozicija glukozinolata je veća sa dužim periodom fermentacije. Smanjenje glukozinolata i njihovih metabolita tokom fermentacije je moguće, jer enzimi koje proizvode mikroorganizmi koriste glukozu i sumporne funkcionalne grupe ovih jedinjenja.

#### Toplotni tretman

Toplotni tretman negativno utiče na sadržaj glukozinolata u sačmi uljane repice. Vlažno zagrevanje pod pritiskom je efikasnije od suvog zagrevanja. Za ishranu nepreživara, zagrevanje treba da bude ograničeno na 30 minuta na 100°C (Jensen et al. 1995). Ovaj nivo zagrevanja smanjuje nivo ukupnih glukozinolata za 500  $\mu\text{mol/mmol}$  i održava kvalitet proteina. Rezultati toplotnih tretmana na smanjenje glukozinolata su promenjivi, što može da bude posledica različite osetljivosti različitih glukozinolata. 4-hidroksi-glukobrasicin je osetljiviji na dejstvo toplote nego alifatični glukozinolati progoinin i glukapanin (Jensen et al. 1995, Leming et al. 2004).

## Zaključak

Uljana repica ima višestruku namenu, između ostalog za ishranu preživara i nepreživara. Količina uljane repice koja se može uključiti u obrok životinja je ograničena prisustvom štetnih materija kao što su glukozinolati, eruka masna kiselina, fitini i tanin. Canola sorte uljane repice imaju nizak sadržaj eruka kiseline i glukozinolata pa su stare sorte gotovo u potpunosti potisnute. Glukozinolati su prisutni u svim delovima biljke i fizički su odvojeni od enzima mirozinaze. Oštećenje biljnog tkiva u toku obrade ili uzimanja hrane omogućava kontakt između glukozinolata i enzima mirozinaze, što dovodi do hidrolize dejstvom enzima i oslobađanja niza razgradnih proizvoda (izotiocijanati, nitrili, tiocijanati, epitionitrili ili oksazolidintioni). Negativni uticaji glukozinolata na životinje su povezani sa njihovom koncentracijom u hrani. Različite životinjske vrste imaju različitu sposobnost tolerancije prema glukozinolatima. U cilju smanjenja sadržaja glukozinolata koriste se različite metode kao što su mikronizacija, ekstrudiranje, tretman vodom i rastvorima metala, fermentacija čvrstog ili polučvrstog supstrata i toplotni tretman.

## Literatura

- Ahlin KA, Emanuelson M, Wiktorsson H (1994): Rapeseed products from double-low cultivars as feed for dairy cows: effects of long-term feeding on thyroid function, fertility and animal health. *Acta Vet. Scand.* 35: 37-53
- Bell JM, Keith MO, Hutcheson DS (1991): Nutritional evaluation of very low glucosinolate canola meal. *Can. J. Anim. Sci.* 71: 497-506
- Bernardi R, Finiguerra MG, Rossi AA, Palmieri S (2003): Isolation and biochemical characterization of a basic myrosinase from rape *Crambe abyssinica* seeds, highly specific for *epi*-progoitrin. *J. Agric. Food Chem.* 51: 2737-2744
- Burel C, Boujard T, Escaffre A-M, Kaushik SJ, Boeuf G, Mol KA, Van der Geysen S, Kühn ER (2000): Dietary low-glucosinolate rapeseed meal affects thyroid status and nutrient utilization in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Brit. J. Nutr.* 83: 653-664
- Challenger F (1959): The natural mustard oil glucosides and the related isothiocyanates and nitriles. In: *Aspects of the Organic Chemistry of Sulphur*. Butterworths, London, 115-161
- Cheng D-L, Hashimoto K, Uda Y (2004): In vitro digestion of sinigrin and glucotropaeolin by single strains of *Bifidobacterium* and identification of the digestive products. *Food Chem. Toxicol.* 42: 351-357
- Corino C, Baldi A, Bontempo V (1991): Influence of low-glucosinolate rapeseed meal on performance and thyroid hormone status of heavy pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 35: 321-331
- Crnobarac J, Marinković R, Marjanović-Jeromela A, Marinković B, Dusanić N (2002): Unapređenje tehnologije proizvodnje uljane repice, Traktori i pogonske mašine 7: 34-42
- Das MM, Singhal KK (2005): Effect of feeding chemically treated mustard cake on growth, thyroid and liver functions and carcass characteristics in kids. *Small Rumin. Res.* 56: 31-38
- Fahey JW, Zalcmann AT, Talalay P (2001): The chemical diversity and distribution of glucosinolates and isothiocyanates among plants. *Phytochemistry* 56: 5-51
- Fenwick GR, Curtis RF (1980): Rapeseed meal and its use in poultry diets. A review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 5: 255-298
- Fenwick GR, Griffiths NM, Heaney RK (1983): Bitterness in Brussels sprouts (*Brassica oleracea* L. var. *gemmifera*): The role of glucosinolates and their breakdown products. *J. Sci. Food Agric.* 34: 73-80
- Fenwick GR, Spinks EA, Wilkinson AP, Heaney RK, Legoy MA (1986): Effect of processing on the antinutrient content of rapeseed. *J. Sci. Food Agric.* 37: 735-741
- Finiguerra MG, Iori R, Palmieri S (2001): Soluble and total myrosinase activity in defatted *Crambe abyssinica* meal. *J. Agric. Food Chem.* 49: 840-845
- Glencross B, Hawkins W, Curnow J (2004): Nutritional assessment of Australian canola meals. I. Evaluation of canola oil extraction method and meal processing conditions on the digestible value of canola meals fed to the red seabream (*Pagrus auratus*, Paulin). *Aquacult. Res.* 35: 15-24
- Heaney RK, Fenwick GR (1980): Glucosinolates in *Brassica* vegetables. Analysis of 22 varieties of Brussels sprout (*Brassica oleracea* L. var. *gemmifera*). *J. Sci. Food Agric.* 31: 785-793
- Huang S, Liang M, Lardy G, Huff HE, Kerley MS, Hsieh F (1995): Extrusion processing of rapeseed meal for reducing glucosinolates. *Anim. Feed Sci. Technol.* 56: 1-9
- Ingalls JR, Sharma HR (1975): Feeding of Bronowski, Span and commercial rapeseed meals with or without addition of molasses or flavor in the rations of lactating cows. *Can. J. Anim. Sci.* 55: 721-729
- Jensen SK, Liu YG, Eggum BO (1995): The effect of heat treatment on glucosinolates and nutritional value of rapeseed meal in rats. *Anim. Feed Sci. Technol.* 53: 17-28
- Leming R, Lember A, Kukk T (2004): The content of individual glucosinolates in rapeseed and rapeseed cake produced in Estonia. *Agraarteadus* 15: 21-27
- Mandiki SNM, Derycke G, Bister JL, Mabon N, Watheler JP, Marlier M, Paquay R (2002): Chemical changes and influences of rapeseed antinutritional factors on gestating and lactating ewes, I. Animal performances and plasma hormones and glucose. *Anim. Feed Sci. Technol.* 98: 25-35
- Marinković R, Marjanović-Jeromela A, Mitrović P, Milovac Ž (2010): Uljana repica (*Brassica napus* L.) kao proteinska biljna vrsta. *Ratar. Povrt.* 47: 157-161
- Marinković R, Marjanović-Jeromela A, Mitrović P (2009): Osobnosti proizvodnje ozime uljane repice (*Brassica napus* L.). *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo* 46: 33-44
- Marinković R, Škorić D, Sakač Z, Marjanović-Jeromela A, Sekulić P (2003): Varijabilnost sadržaja ukupnih glukozinolata u različitim genotipovima ozime uljane repice (*B. napus* ssp. *oleifera*). *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo* 38: 203-208
- Mawson R, Heaney RK, Piskula M, Kozłowska H (1993): Rapeseed meal-glucosinolates and their antinutritional effects, Part 1. Rapeseed production and chemistry of glucosinolates. *Nahrung* 37: 131-140
- Mawson R, Heaney RK, Zdunczyk Z, Kozłowska H (1994): Rapeseed meal-glucosinolates and their antinutritional effects, Part 3. Animal growth and performance. *Nahrung* 38: 167-177
- McNeill L, Bernard K, MacLeod MG (2004): Food intake, growth rate, food conversion and food choice in broilers fed on diets high in rapeseed meal and pea meal with observations on sensory evaluation of the resulting poultry meat. *Brit. Poultry Sci.* 45: 519-523
- Mithen RF, Dekker M, Verkerk R, Rabot S, Johnson IT (2000): The nutritional significance, biosynthesis and bioavailability of glucosinolates in human foods. *J. Sci. Food Agric.* 80: 967-984

- Ochetim S, Bell J M, Doige C E, Young C G (1980): The feeding value of Tower rapeseed for early weaned pigs. I. Effects of methods of processing and of dietary levels. *Can. J. Anim. Sci.* 60: 407-421
- Opalka M, Dusza L, Koziorowski M, Staszkiwicz J, Lipinski K, Tywoczuk J (2001): Effect of long-term feeding with graded levels of low glucosinolate rapeseed meal on endocrine status of gilts and their piglets. *Livestock Prod. Sci.* 69: 233-243
- Rakariyatham N, Sakorn P (2002): Biodegradation of glucosinolates in brown mustard seed meal (*Brassica juncea*) by *Aspergillus* sp. NR-4201 in liquid and solid-state cultures. *Biodegradation* 13: 395-399
- Rosa EAS, Heancy RK, Fenwick GR, Portas CAM (1997): Glucosinolates in crop plants. *Hort. Rev.* 19: 99-215
- Rouzaud G, Rabot S, Ratcliff B, Duncan A J (2003): Influence of plant and bacterial myrosinase activity on the metabolic fate of glucosinolates in gnotobiotic rats. *British J. Nutr.* 90: 395-404
- Sakač M, Filipović S, Borojević Č, Ristić M, Kormanjoš Š (2005): The technological procedure of rapeseed extrusion with agricultural products. *PTEP* 9: 27-31
- Sakač M, Filipović S, Ristić M, Pucarević M (2006): Ekstrudiranje uljane repice sa poljoprivrednim proizvodima. *Savremena poljoprivreda* 55: 100-106
- Stanačev V, Kovčín S, Furman T, Nikolić R, Savin L, Tomić M (2002): Chemical composition and nutritive value of domestic rapeseed oil meal. *Tractors and power machines* 7: 80-83
- Tanii H, Takayasu T, Higashi T, Leng S, Saijoh K (2004): Allylnitrile: generation from cruciferous vegetables and behavioral effect on mice of repeated exposure. *Food Chem. Toxicol.* 42: 453-458
- Tripathi MK, Mishra AS, Misra AK, Mondal D, Karim SA (2001): Effect of substitution of groundnut with high glucosinolate mustard (*Brassica juncea*) meal on nutrient utilization, growth, vital organ weight and blood composition of lambs. *Small Rumin. Res.* 39: 261-267
- Tripathi MK, Mishra AS (2007): Glucosinolates in animal nutrition. A review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 132: 1-27
- Van Doorn HE, van der Kruk GC, van Holst GJ, Raaijmakers-Ruijs NCME, Postma E, Groeneweg B, Jongen WHF (1998): The glucosinolates sinigrin and progoitrin are important determinants for taste preference and bitterness of brussels sprouts. *J. Sci. Food Agric.* 78: 30-38
- Vig AP, Walia A (2001): Beneficial effects of *Rhizopus oligosporus* fermentation on reduction of glucosinolates, fibre and phytic acid in rapeseed (*Brassica napus*) meal. *Bioresource Technol.* 78: 309-312
- Wallig MA, Belyea RL, Tumbleson ME (2002): Effect of pelleting on glucosinolates content of Crambe meal. *Anim. Feed Sci. Technol.* 99: 205-214
- Zang XP, Tanii H, Kobayashi K, Higashi T, Oka R, Koshino Y, Saijoh K (1999): Behavioral abnormalities and apoptotic changes in neurons in mice brain following a single administration of allylnitrile. *Arch. Toxicol.* 73: 22-32

## Glucosinolates in Rapeseed as Antinutritive Factors in Animal Nutrition

Bojana Kokić • Dragan Palić

**Summary:** Rapeseed has multiple purposes: animal nutrition, production of oil and biodiesel. Content of oil and protein in dry seeds of rapeseed is 40-47% and 19-29%, respectively. However, the seed also contains harmful substances: glucosinolates, erucic acid, phytate and tannin. This paper describes the importance of rapeseed in animal nutrition and shows the possibility of its inclusion in animal meal depending on the content of glucosinolates. The main antinutritive factors present in this oil crop are glucosinolates, therefore this paper shows their biological effect in animal nutrition and their detoxification. Canola varieties have reduced glucosinolate content and they have almost entirely superseded the old varieties of rapeseed. Glucosinolates alone are biologically inactive molecules, but their degradation products are biologically active and well known for their diverse biological effects. The degree of negative impact of glucosinolates in the diet of animals depends on their level and composition of formed degradation products, but also the species and age of animals. In order to reduce glucosinolate content different methods are used which include their hydrolysis or decomposition before feeding the animals.

**Key words:** animal nutrition, antinutritional factors, content, glucosinolates, rapeseed