

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**  
**ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

Studijní program: **B4131 Zemědělství**

Studijní obor: **Agropodnikání**

Katedra: **Katedra veterinárních disciplín a kvality produktů**

Vedoucí katedry: **prof. Ing. Jan Trávníček, CSc.**

*TÉMA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE*

**Přírodní zdroje lignanů v naší potravě**

Autor bakalářské práce:

**Petr Němec**

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Iveta Češková**

**2011**

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
Zemědělská fakulta  
Akademický rok: 2009/2010

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Petr NĚMEC  
Osobní číslo: Z08043  
Studijní program: B4131 Zemědělství  
Studijní obor: Agropodnikání  
Název tématu: Přírodní zdroje lignanů v naší potravě  
Zadávací katedra: \*\*\*Katedra veterinárních disciplin a kvality produktů

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

**Cílem práce** bude zpracovat literární rešerši na téma Přírodní zdroje lignanů v naší potravě. Práce bude zaměřena na charakterizaci látek lignanového typu, výskyt lignanů v potravinách a potravinových surovinách a jejich biologických účincích. V rámci práce budou dále popsány metody stanovení lignanů v potravinách.

Práce bude vypracována na základě pokynů uvedených v Opatření děkana č. 13/2009, podle rámcové osnovy:

**Úvod:** Význam řešené problematiky včetně uvedení cílů práce.

**Literární přehled:** Současný stav řešené problematiky s ohledem na cíle práce, zpracovaný na základě studia vědecké a odborné literatury, porovnání a zhodnocení literárních zdrojů a údajů.

**Závěr:** Shrnutí nejdůležitějších poznatků, případné návrhy a doporučení vyplývající z řešené problematiky.

**Abstrakt:** Přehled a nejdůležitější výsledky práce (v českém i v anglickém jazyce).

**Seznam použité literatury:** Podle zásad ČSN ISO 690 (010197) a ČSN ISO 690-2 (01 0197)  
Bibliografické citace.

Rozsah grafických prací: Tabulky a grafy dle vlastního uvážení  
Rozsah pracovní zprávy: 25 - 30 stran textu  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

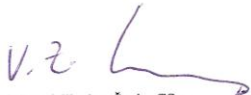
Seznam odborné literatury:

- Adlercreutz, H., Lignans and human health. *Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences*, 44 (5-6), 2007, pp. 483-525, ISSN: 1040-8363.
- Harmatha, J., Strukturální bohatství a biologický význam lignanů a jim příbuzných rostlinných fenylpropanoidů. *Chemické listy*, 99, 2005, s. 622-632.
- Milder, I. E. J. et al., Optimaization of Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry Method for Quantification of the Plant Lignans Secoisolariciresinol, matairesinol, Lariciresinol, and Pinolariciresinol in Foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 2004, pp. 4643-4651.
- Milder, I. E. J. et al., Lignan contents of Dutch plant foods: a database including lariciresinol, pinoresinol, secoisolariciresinol and matairesinol. *British Journal of Nutrition*, 93, 2005, pp. 393-402.
- Nurmi, T. et al., Lignans in selected wines. *Food Chemistry*, 83, 2003, pp. 303-309.
- Slanina, J., Biologická a farmakologická aktivita lignanů. *Chemické Listy*, 94, 2000, s. 111-116.
- Slanina, J., Glatz, Z., Separation procedures applicable to lignan analysis. *Journal of Chromatography B*, 812, 2004, pp. 215-229.
- Smeds, A. I. et al., Quantification of Broad Spectrum of Lignans in Cereals, Oilseeds, and Nuts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 2007, pp. 1337-1346.
- Odborné publikace v časopisech *Czech Journal of Food Sciences*, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* a v elektronických vědeckých databázích (ISI Web of Knowledge / Web of Science).

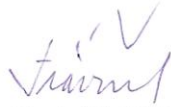
Vedoucí bakalářské práce: Ing. Iveta Češková  
\*\*\*Katedra veterinárních disciplín a kvality produktů

Datum zadání bakalářské práce: 25. března 2010

Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2011

  
prof. Ing. Miloslav Soch, CSc.  
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDEJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studentská 13  
370 05 České Budějovice

  
prof. Ing. Jan Trávníček, CSc.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 25. března 2010

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne ..... Podpis: .....

Děkuji paní Ing. Ivetě Češkové, vedoucí bakalářské práce, za odborné vedení, cenné rady, vstřícnost a ochotu při vypracování této bakalářské práce.

## **Abstrakt**

Předložená bakalářská práce se zabývá problematikou lignanů (fytoestrogenů) v naší potravě. Úvod práce je zaměřen na charakteristiku lignanů, které patří mezi ne ještě zcela prozkoumanou skupinu látek, obsažených v různých částech rostlin. V práci je podán přehled nejvíce využívaných plodin (sója, len a obiloviny), ze kterých bylo izolováno velké množství lignanů a dalších látek s estrogením účinkem. Dále jsou v práci uvedeny přehledy látek obsažených v plodinách a mechanismy jejich působení v lidském organismu. Jejich využití je velice prospěšné v prevenci závažných takzvaně civilizačních chorob. Na konci práce je poukázáno na různé metody separace lignanů z rostlin.

**Klíčová slova:** lignany, fytoestrogeny, polyfenoly, zdroje potravy, biologické účinky

## **Abstract**

This bachelor thesis deals with lignans (phytoestrogens) in our diet. Preliminary of the work is focused on the characteristic of lignans, which belongs to the not entirely explored group of substances contained in various parts of the plant. The work reviews the most utilized crops (soy, flax, and cereals), from which was isolated a large amount of lignans and other compounds with estrogenic activity. Furthermore, there is introduced the list of substances contained in crops and mechanisms of their action in the human body. Their use is very beneficial in the prevention of serious diseases, so-called civilization. At the end of the work, there are highlighted various methods of separation of lignans from plants

**Keywords:** lignans, phytoestrogens, polyphenols, food sources, biological effects

## **OBSAH:**

|           |                                       |           |
|-----------|---------------------------------------|-----------|
| <b>1.</b> | <b>Úvod.....</b>                      | <b>8</b>  |
| <b>2.</b> | <b>Charakteristika lignanů .....</b>  | <b>9</b>  |
| <b>3.</b> | <b>Biosyntéza lignanů .....</b>       | <b>13</b> |
| <b>4.</b> | <b>Výskyt.....</b>                    | <b>15</b> |
| 4.1       | Lněné semínko .....                   | 15        |
| 4.2       | Sója .....                            | 17        |
| 4.3       | Olivový olej .....                    | 19        |
| 4.4       | Pšenice .....                         | 21        |
| 4.5       | Žito .....                            | 22        |
| 4.6       | Víno.....                             | 23        |
| 4.7       | Ostatní zdroje polyfenolů.....        | 26        |
| <b>5.</b> | <b>Biologické účinky .....</b>        | <b>29</b> |
| 5.1       | Nádorové onemocnění .....             | 29        |
| 5.2       | Kardiovaskulární onemocnění .....     | 30        |
| 5.3       | Osteoporóza .....                     | 31        |
| 5.4       | Menopauza .....                       | 32        |
| 5.5       | Kognitivní funkce .....               | 32        |
| <b>6.</b> | <b>Metody měření.....</b>             | <b>33</b> |
| <b>7.</b> | <b>ZÁVĚR.....</b>                     | <b>35</b> |
| <b>8.</b> | <b>Seznam použité literatury.....</b> | <b>36</b> |
| <b>9.</b> | <b>Seznam použitých zkratek.....</b>  | <b>41</b> |

## 1. Úvod

Tempo života se neustále zrychluje, ale tempu neodpovídá vyváženost životního stylu. Trvalý stres není kompenzován dostatkem pohybu, výdejem energie, správnou výživou. Naši předkové – tím je myšlena první a druhá generace před námi, museli kompenzovat nedostatek fyzickou prací, jedli jídla jednoduší a s menším obsahem nežádoucích látek. Byli nemocní, ale na rozdíl od nich, v naší generaci prudce narůstá výskyt takzvaných civilizačních chorob. Narůstají nepředstavitelným tempem a představují ohrožení nejen jedince, ale následně i společnosti.

O fytoestrogeny je trvale rostoucí zájem v posledních asi deseti letech. Jde o sloučeniny, které jsou součástí rostlinných tkání a vykazují vlastnosti lidských hormonů: estrogenní a antiestrogenní účinky. Dokáží doplnit nebo plně nahradit účinek lidských hormonů. To se pak projeví v příznivém působení na celou řadu civilizačních chorob: od některých nádorových onemocnění, zhoubných i nezhoubných, osteoporózu, úplavici cukrovou, kardiovaskulární a cerebrovaskulární onemocnění. Všechny tyto choroby představují jednak vysoké riziko úmrtnosti, ale i po vyléčení trvalé zdravotní následky a z toho plyne významná ekonomická zátěž při léčbě těchto chorob. Vždy je levnější prevence a tyto látky prevenci zajišťují a z toho plyne jejich význam. Vzhledem k rostlinnému původu jsou lignany lidskému organismu přirozené, podléhají metabolismu v těle a nemají tudíž závažné vedlejší účinky na rozdíl od chemických preparátů. Vzhledem k současnému trendu léčby a zejména prevence závažných civilizačních onemocnění, bude výzkum a využití lignanů trvale pokračovat.

Ve své bakalářské práci jsem si vytyčil cíl, zpracovat souhrnnou práci na téma rostlinných fytoestrogenů (lignanů), která by sloužila k základní orientaci v této zajímavé problematice.



## 2. Charakteristika lignanů

Lignany jsou striktně definovány jako dimery vzniklé oxidativní dimerizací dvou fenylypropanových jednotek spojených centrálními uhlíky jejich propanových bočních řetězců v polohách C-8 a C-8'. Propojením dalších vazeb C-C a C-O, za spoluúčasti propanových částí molekuly v různém oxidačním stupni, vznikají všechny možné strukturní typy a formy lignanů (Harmatha, 2005).

Lignany se vyskytují jako drobné složky mnoha rostlin, kde tvoří základní stavební kameny pro tvorbu ligninu. Jsou složkami vyšších rostlin (nahosemenných a krytosemenných), jako jsou zrna, luštěniny, zelenina a semena (Tham et al., 1997).

Název lignany byl pro tuto skupinu přírodních látek odvozen z toho, že tyto sloučeniny byly původně považovány za meziprodukty při biosyntéze ligninu, polymery rovněž složeného z fenylypropanových jednotek jako lignany. Dnes je zřejmé, že vzhledem ke struktuře ligninu a lignanů pouze některé z nich mohou sloužit k tomuto účelu. Navíc, lignin je na rozdíl od naprosté většiny lignanů opticky inaktivní (Slanina, 2000).

Z hlediska struktury jsou lignany podobné hormonu estrogeneru a mohou tak navozovat estrogenní účinek v těle vazbou na estrogenové receptory. Proto se tato skupina přírodních látek rostlinné povahy řadí mezi tzv. fytoestrogeny (Blitz et al., 2007).

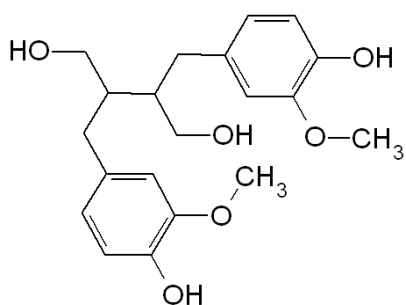
V současné době jsou fytoestrogeny klasifikovány do čtyřech základních fenolických skupin: 1) isoflavony, 2) stilbeny, 3) kumestany a 4) lignany.

Hlavním stilbenem je resveratrol, který se nejvíce vyskytuje v hroznech a arašídách. Resveratrol se nachází v hroznové slupce, a proto i bílá vína obsahují méně resveratrolu, než vína z červených hroznů (kvasí i se slupkou). Ze skupiny kumestanů je nejdůležitější kumestrol, jehož hlavním zdrojem jsou luštěniny, ale vyskytuje se i v jiné zelenině, jako je špenát atd. Označení lignany nese velká skupina sloučenin, mezi něž se například řadí matairesinol, secoisolariciresinol či hydroxymatairesinol. Hlavním potravinovým zdrojem lignanů je lněné semínko, ale jsou přítomny také v celozrnné pšeničné mouce, ovoci a čaji (Schwartz et al., 2009).

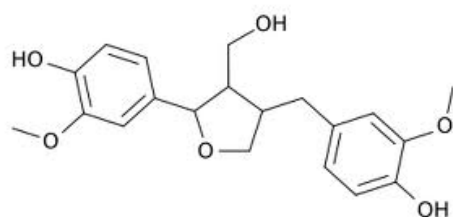
Isoflavony patří mezi nejčastější formu fytoestrogenů. Mají společnou difenolickou strukturu, která se podobá estrogenní struktuře dietylstilbesterolu a hexestrolu. V rostlinách jsou isoflavonoidy neaktivní, pokud se nachází ve vázané formě jako glykosidy, když se ale zbytek cukru odstraní, vykazují již tyto sloučeniny

aktivitu (Tham et al., 1997). Isoflavony jsou podtřídou flavonoidů, které se bohatě vyskytují v sójových bobech a v menším množství i v ostatních luštěninách. Hlavními isoflavony jsou genistein, daidzein a glycitein. Fytoestrogeny jsou pak přijímány ve formě glykosidů, genistinů, daidzinů a glycitinů (Sirtori et al., 2005).

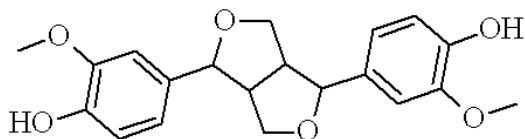
Mezi hlavní potravinové lignany patří secoisolariciresinol (SECO) (obrázek č. 1), lariciresinol (larici) (obrázek č. 2), pinoresinol (Pino) (obrázek č. 3), medioresinol (medio), syringaresinol (Syringa), 7-hydroxymatairesinol (7-OH-Matai), matairesinol (Matai) (obrázek č. 4) a sezamové ligniny: sesaminol, sesamololol, sesamin (obrázek č. 5) a sesamolol. Obsah isoflavonů a lignanů v potravinách je ovlivněn řadou faktorů, mezi které patří přirozená variabilita, variabilita v důsledku zpracování, zavedení a použití různých přísad a přípravků, odrůda rostliny a faktory životního prostředí (Schwartz et al., 2009).



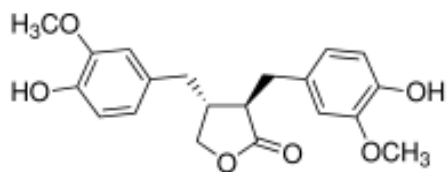
Obrázek č. 1: Secoisolariciresinol (Dinelli et al., 2007)



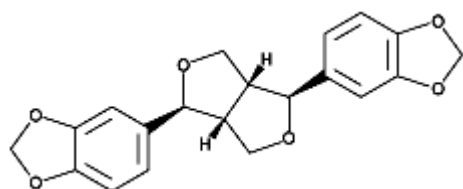
Obrázek č. 2: Lariciresinol (Slanina et al., 2000)



Obrázek č. 3 Pinoresinol (Dinelli et al., 2007)



Obrázek č. 4: Matairesinol (Harmatha, 2005)



Obrázek č. 5 Sesamin (Slanina et al., 2004)

Po příjmu potravy se lignany rostlinného původu, především z olejin, zrnin, zeleniny, ovoce a luštěnin, pomocí bakterií v tlustém střevě přeměňují na dvě jednoduché fenolové látky, enterolakton a enterodiol. Tyto látky se označují jako savčí lignany, protože se nacházejí pouze u savců. Vznikají enzymovým odstraněním metylových a hydroxylových skupin z rostlinných lignanů. Obě dvě látky jsou absorbovány ze střeva do enterohepatického oběhu. Další jejich metabolismus probíhá v játrech za vzniku konjugátů, ty přecházejí do žluče a jsou znovu reabsorbovány ve střevech. Nakonec jsou obě sloučeniny vyloučeny močí jako glukuronidy a sulfoglukuronidy a do stolice jako volné fenoly. Vysoký příjem vlákniny ve formě rostlinných lignanů je spojen s vysokou hladinou enterolaktonu v krevním séru (Slanina, 2000; Crosby, 2005). Fytoestrogeny byly zjištěny v žluči, moči, spermatu, krvi a výkalech u člověka a zvířat. (Tham et al., 1997).

Funkce lignanů v rostlinách je chemická ochrana před působením hmyzu, mikroorganismů a dokonce i jako ochrana před působením jiných rostlin. Proto není překvapující, že lignany jsou součástí stěn rostlinných buněk, zejména jejich vnější vrstvy. Například v obilném zrna jsou lignany soustředěny ve vnější vrstvě buněk

(perikarpu), po které následuje aleuronová vrstva a proto jejich bohatým zdrojem (a zdrojem vlákniny potravy) jsou obilné otruby. Také nebylo prokázáno, že lignany jsou chemicky svázány se složkami buněčných stěn rostlin, jak je tomu u ligninu, a proto se má za to, že jsou z hlediska biosyntézy původními (primárními) složkami. Proto je možné je izolovat z rostlinného materiálu extrakcí nebo dalšími chemickými způsoby (Crosby, 2005).

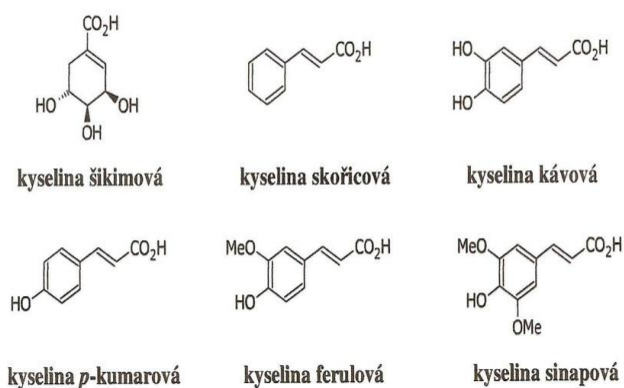
Lignany přitahovaly pozornost badatelů již odedávna. Jednak proto, že jsou hojně rozšířené v rostlinné říši, a také proto, že se vyznačují širokou škálou biologických účinků. Obecně, biologická funkce lignanů zatím ještě nebyla plně objasněna. Existují ovšem důkazy, že lignany hrají nezanedbatelnou roli v chemických interakcích mezi rostlinami a houbami, rostlinami navzájem a rostlinami a hmyzem, a to buď přímo nebo zprostředkovaně, formou synergismu s jinými účinnými rostlinnými látkami. Prekurzory lignanů jsou také meziprodukty nebo komponenty tvorby ligninu, tudíž mohou hrát určitou roli i v regulaci růstu rostlin. Lignany ovšem vykazují velmi rozmanité spektrum účinků i na vyšší organismy, včetně člověka. Celá lignanová rodina látek přesahuje už tisícovku jedinců a neustále jsou publikovány další nové látky tohoto typu. (Harmatha, 2005).

### 3. Biosyntéza lignanů

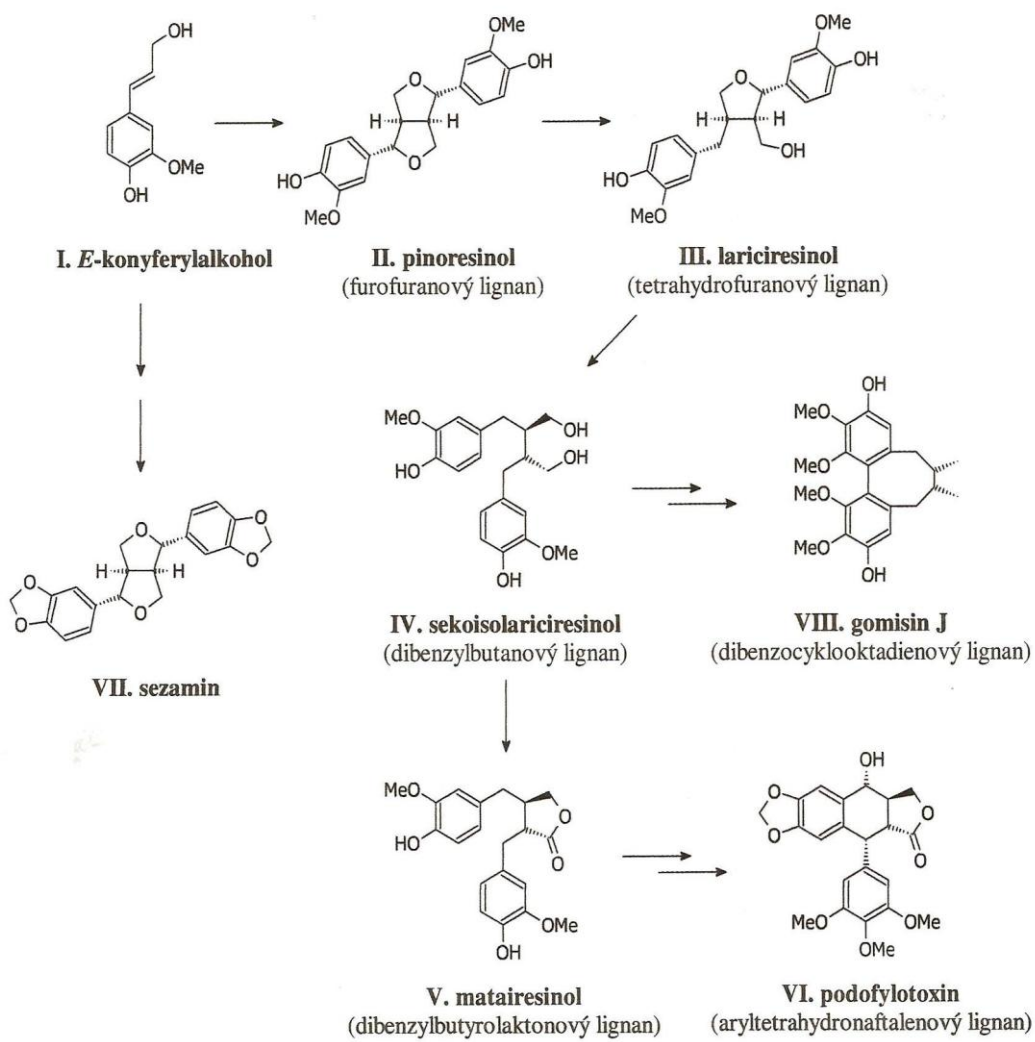
Původně se předpokládalo, že se jedná o meziproducty biosyntézy ligninu – polymeru tvořeného fenylypropanovými jednotkami - a odtud také pochází název skupiny. Ve skutečnosti takto slouží pouze malý počet lignanů. Výchozím substrátem vlastní biosyntézy lignanů je koniferyl alkohol a jeho deriváty, který je oxidačně dimerizován za vzniku lignanu. Obecněji lze zařadit jejich vznik do šikimátové biosyntetické dráhy (výchozí látkou biosyntézy fenylypropanoidu je kyselina šikimová, základními meziproducty kyselina skořicová a její hydroxyderiváty kyselina kávová a kyselina *p*-kumarová či methoxyderiváty kyselina ferulová a sinapová (obrázek č. 6). Lignany pak vznikají z jejich redukováných forem (Želazková, 2008)

Obrázek č. 7 popisuje předpokládanou biosyntézu 6 hlavních strukturních tříd lignanů. Biosyntéza začíná oxidační dimerizací koniferyl alkoholu za vzniku chirálních produktů, lignanů. Některé enzymy jako pinosinsynthasa a pinosinol/laricinsinoloxidoreduktasa, se podílejí na biosyntéze lignanů (Slanina, 2000). Syntéza lignanů se od syntézy ligninů liší v počáteční fázi vzniku fenylypropenolů, v první řadě koniferyl- a sinapyl- alkoholů. Nyní se ukazuje, že biosyntéza lignanů a ligninů je na sobě nezávislá po této počáteční fázi. Všechny lignany obsahují 2,3-dibenzylbutan jako základní prvek jejich struktury (Crosby, 2005).

Obrázek č. 6: Vzorec kyseliny šikimové, skořicové, kávové, *p*-kumarové, ferulové a sinapové (Želazková, 2008)



Obrázek č. 7: Biosyntéza 6 hlavních strukturálních tříd lignanů (Želazková, 2008)



## 4. Výskyt

Široká škála běžně konzumovaných potravin obsahuje značné množství různých fytoestrogenů (Tham et al., 1997). V naší stravě se nachází lignany hlavně v ovoci, zelenině, obilovinách, olivách, suchých luštěninách, čokoládě a v nápojích, jako je čaj, káva a víno (Archivio et al., 2007). Nejbohatším zdrojem lignanů jsou ale lněná a sezamová semínka (Smeds et al., 2009).

Isoflavony se nejvíce vyskytují v sóji (Schwartz et al., 2009). Ostatní rostlinné potraviny obsahují ve srovnání se sójou a lnem pouze triviální množství (Tham et al., 1997). Pro zajímavost: zdaleka nejbohatším přírodním zdrojem lignanů je smrk ztepilý (Smeds et al., 2007).

Významné rozdíly v příjmu fytoestrogenů potravou leží ve stravovacích zvyklostech obyvatel různých koutů světa. Hlavním zdrojem isoflavonoidů v potravě asijské populace jsou tak sójové výrobky a různé bobule, ovoce a zelenina jsou zase hlavními zdroji lignanů v západní stravě (Oikarinen et al., 2005).

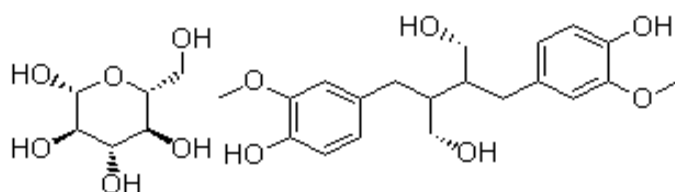
### 4.1 Lněné semínko

Lněné semínko se získává ze lnu. Je to bylina, která patří do čeledi Inovité a pěstuje se jeden až dva roky. Lněná semínka jsou plochá, oválná, 4 – 6 mm dlouhá s hladkým a lesklým povrchem, hnědá až světle hnědá. Obsahuje asi 40 % oleje, 30 % vlákniny, 20 % bílkovin, 4 % popelovin a 6 % vlhkosti. V současné době se lněné semínko využívá hlavně na produkci oleje pro různé průmyslové účely (výroba barev, laků, tiskařské barvy, kosmetiky apod.) a jako krmení pro hospodářská zvířata. Lněné semínko bohaté na fytoestrogeny je také populární přísada pro použití v různých potravinách - pizza, chléb, palačinky a jiné (Zhang et al., 2007). Len je největší rostlinou z rodu Inovitých. V různých částech světa se pěstuje asi 230 druhů (Amirghofran et al., 2006).

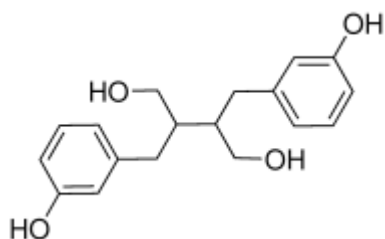
Secoisolariciresinol, který se hromadí v diglukosidové podobě (Secoisolariciresinol diglucoside, SDG), je hlavním lignanem přítomným v lněném semínku (obrázek č. 8). Matairesinol je také přítomen, ale v menším množství. Jak již bylo uvedeno výše, secoisolariciresinol a matairesinol jsou metabolizovány střevní mikroflórou do jejich biologicky aktivní formy enterodiolu (obrázek č. 9) a enterolaktonu (obrázek č. 10). Tyto tzv. savčí lignany pak vykazují antioxidační působení jako fytoestrogeny. SDG tak nepřímo působí jako přírodní

chemoprotektivní lignan (Hano et al., 2006). Tyto lignany jsou považovány za biologicky aktivní látky, odpovědné za blahodárné účinky na člověka (Charlet et al., 2002). Předchozí výzkumy ukázaly, že by SDG mohlo zabránit výskytu rakoviny prostaty a prsu. Pozitivní výsledky byly také prokázány u lupenky, hypertenze, diabetu a dalších nemocí. Přestože SDG lze nalézt u mnoha potravinářských výrobků, zdá se, že lněné semínko je nejbohatším zdrojem, s hodnotami více než 100x vyššími než u ostatních potravin. (Zhang et al., 2007). Skutečnost, že hlavní část SDG je zachována v lnu i při lisování, podnítil vývoj metod pro optimální extrakci této cenné sloučeniny (Renouard et al., 2010).

Analýza lignanů ukázala, že v odtučněném lněném semínku bylo průměrně 5 mg/g lignanů. Lněné semínko obsahuje okolo 26 mg/g lignanů (Oikarinen et al., 2005). Poměr lignanů v lněném semínku je ovlivněn různými faktory, jako je doba extrakce, teplota extrakce, koncentrace rozpouštědla a velikost částic lněného semínka (Zhang et al., 2007).

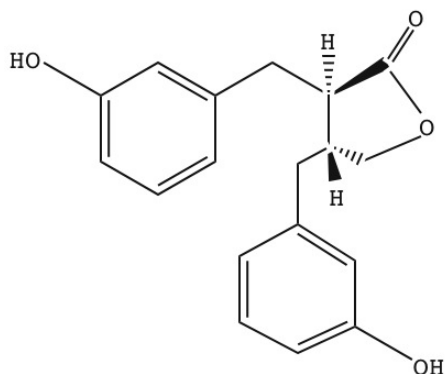


Obrázek č. 8: SDG (Harmatha, 2005)



Obrázek č. 9: Enterodiol (Harmatha, 2005)





Obrázek č. 10: Enterolakton (Harmatha, 2005)

## 4.2 Sója

Typickým zdrojem fytoestrogenů je potrava bohatá na sóju a její produkty (Moravcová et al., 2002). Sója je jednoletá rostlina, která se nejvíce pěstuje v Asii, Africe a Americe. Svým složením i možnostmi využití zaujímá zvláštní postavení v lidské výživě a je důležitou surovinou krmivářského průmyslu. Sója má ze všech u nás pěstovaných luskovin nejvyšší obsah dusíkatých látek (32 – 36 %), přitom však obsahuje i 18 – 22 % tuku. V sójových bobech je dále 4 – 6 % popelovin a 22 – 26 % glycidů. Vitamíny jsou zastoupeny především skupinou vitamínů B. Sójový olej má příznivé složení a je velmi stravitelný a využitelný v lidském organismu. Význam sójové bílkoviny je v tom, že má vysoký obsah esenciálních aminokyselin s příznivým poměrem, vhodným pro lidskou výživu (Lahola et al., 1990).

Isoflavony se nejhojněji nacházejí v luštěninách. Sója a její zpracované produkty jsou hlavním zdrojem isoflavonů v lidské stravě. Obsahuje 3 hlavní molekuly: genistein (obrázek č. 11), daidzein (obrázek č. 12) a glycitein, obvykle v koncentračním poměru 1:1:0,2. Tyto izoflavony se nacházejí ve 4 formách: aglykon, 7-*O*-glukosid, 6''-*O*-acetyl-7-*O*-glukosid, a 6''-*O*-malonyl-7-*O*-glukosid, 6''-malonylglucosid, deriváty mají nepříjemné a hořké chutě. Isoflavony jsou citlivé na teplo a často jsou hydrolyzovány na glykosidy v průběhu průmyslového zpracování, jako při výrobě sojového mléka. Kvašení probíhá v průběhu výroby některých potravin, jako je miso a tempeh (Manach et al., 2004).

Tempeh je sýr prorostlý bílou plísní. Je dobrým zdrojem bílkovin (ideální zdroj bílkovin pro vegetariány a vegany). Má nízký obsah tuku, vysoký obsah vlákniny a relativně nízký obsah kalorií. Tempeh se vyrábí vařením sójových bobů,

ke kterým se poté přidávají plísňové kultury. Zrna se zabalí, nechají se lisovat a odstát dva dny (Freeman, 2009).

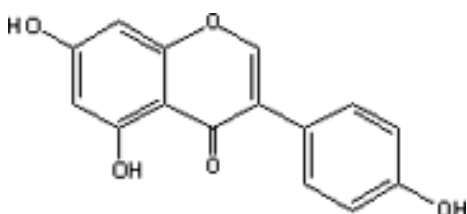
Miso je pasta z fermentované sóji, rýže, soli a houby kóždžikin. Japonská kuchyně zná miso po staletí, do Japonska pravděpodobně přišlo tři sta let před Kristem, jako mnoho dobrých nápadů, z Číny. Používá se jako dochucovadlo, a k přípravě polévek a omáček. Existuje mnoho různých druhů a chutí. Miso obsahuje dipicoloniovou kyselinu, alkaloid, který na sebe váže těžké kovy jako radioaktivní stronium a odvádí je ven z těla. Miso pro jeho blahodárné účinky používali i pacienti, kteří byli ozářeni radioaktivním odpadem v Čeljabinsku, a stejně tak po havárii Černobylu (Cortés, 2011).

Obsah isoflavonů v různých sójových výrobcích (např. tofu a sójové proteinové koncentráty) se výrazně liší, což mají na svědomí různé zpracovatelské kroky, oblast a podmínky pěstování. Zpracovaný sójový výrobek, jako je například tofu jogurt, může obsahovat pouze (0,2 až 0,3 mg/g isoflavonů), oproti tomu obsah celé sóji (2-4 mg/g isoflavonů). Přesto i tyto zpracované sójové výrobky obsahují větší množství isoflavonů, než většina ostatních luštěnin (Tham et al., 1997). Tofu je tvaroh z vařených sojových bobů. Pochází z Číny, kolem roku 164 př. n. l. a je pevně spojen s touto zemí a kulturou. Vyrábí se srážením sójového mléka (Harris, 2007).

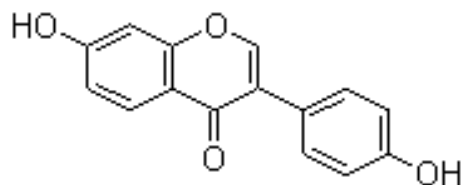
Někteří autoři popisují mírné snížení obsahu daidzeinu a genisteinu při mletí sojových fazolů, jiní podobný vliv nezaznamenali. Při vaření se daidzein a genistein nerozkládají, ale pražení fazolí vyvolává ztráty okolo 21 % pro genistein a 15 % pro daidzein. Zmrazené sójové fazole obsahovaly o 20 - 30 % méně genisteinu a daidzeinu ve srovnání s čerstvými a rovněž skladování syrových fazolí způsobilo pokles obsahu fytoestrogenů až o 75 %. Výroba tofu neovlivňuje obsah isoflavonů. Naopak při výrobě sójových párků nebo tofu jogurtu se snižuje obsah fytoestrogenů až desetkrát. Odstranění tuků z práškových sójových surovin vede obvykle ke snížení obsahu isoflavonů o 30 - 40 %. Sójový protein izolovaný extrakcí etanolem obsahuje jen asi 50 % fytoestrogenů původně v sóje přítomných. Většina autorů se přiklání k názoru, že hlavním důvodem rozdílné koncentrace fytoestrogenů v podobných potravinách je nutno hledat v původu vstupní suroviny, neboť např. sójové fazole z Japonska a USA mají zhruba stejný obsah daidzeinu, ale liší se až o 27 % v obsahu genisteinu. Dalším faktorem může být doba skladování potravin v obchodech, klimatické a pěstební podmínky a vegetační zralost rostlinné suroviny. O tom, kolik fytoestrogenů přijímá člověk s potravou, rozhodují v první řadě tradiční národní

zvyky. Většina asijské populace konzumuje 20 - 80 mg genisteinu za den, zatímco příjem genisteinu v USA činí pouze 1 - 3 mg denně. Dalším nezanedbatelným vlivem je skladba potravy v různých dietách. Ti lidé, kteří upřednostňují makrobiotickou stravu, vylučují močí 4x více fytoestrogenů než laktovegetariáni, a ti zase asi 2x více než konzumenti jak živočišné, tak i rostlinné stravy (Moravcová et al., 2002). Sójové boby obsahují v 1 kg mezi 580 – 3800 mg isoflavonů. Sójové mléko pak v 1 litru 30 – 175 mg (Manach et al., 2004).

V souvislosti s nemocí šílených krav stoupá ve výživě význam sójového masa, např. jako vhodné náhražky masových karbanátků v řetězcích rychlého občerstvení. V Asii se těší značné obliby pokrmy vyráběné fermentací sójových fazolí, jako je např. tempeh, miso nebo sójová pasta, která obsahuje isoflavony hlavně ve formě volných aglykonů (Moravcová et al., 2002).



Obrázek č. 11: Genistein (Moravcová et al., 2002)



Obrázek č. 12: Daidzein (Aroo et al., 2008)

### 4.3 Olivový olej

Olivovníky jsou neodmyslitelně spjaty s krajinou kolem Středozemního moře snad nejvíce ze všech rostlin. Není divu, olivy patří k nejdůležitějším hospodářským plodinám tohoto regionu. Strom velmi rychle roste do výšky, ale větví se pomalu. V kbelících dosahuje výšky 2–3 m. Olivy se vytvářejí pouze tehdy, pokud je v blízkosti jiný druh, který umožňuje opylení, neboť květy nejsou samosprašné. Aby mohly dozrát, vyžadují olivy dostatek tepla. Pěstování této rostliny je poměrně snadné. Olivovník upřednostňuje teplé stanoviště na plném slunci, chráněné před větrem a deštěm. Ve volné přírodě sahají kořeny olivovníku hluboko do země, odkud získávají

vodu i v dlouhém období sucha (Hackstein et al., 2007). Tradiční středomořská strava obsahuje velké množství rostlinných potravin (ovoce, zelenina, obiloviny, luštěniny), ve které je olivový olej hlavním zdrojem tuku. Olivy a panenský olivový olej poskytují bohatý příjem přírodních antioxidantů. Patří mezi ně karotenoidy, tokoferoly a fenolické látky (Pancorbo et al., 2006). Panenský olivový olej může být konzumován syrový, jako přísada do salátů a jiných potravin, ale používá se také na smažení, vaření apod. Je vynikající pro přípravu teplých pokrmů, protože obsahuje všechny stabilní mastné kyseliny, tj., že je bohatý na mononenasyčené mastné kyseliny a obsahuje málo nasycených a polynenasycených mastných kyselin. Kromě toho je olivový olej považován za nejlepší olej na smažení, protože má relativně nízký bod tání, což vede k nízkému obsahu oleje ve smaženém jídle (Pancorbo et al., 2007). V posledních letech roste spotřeba panenského olivového oleje, protože byl popsán jeho potenciální příznivý účinek na lidské zdraví. V tomto smyslu se odráží jeho velké množství mononenasyčených mastných kyselin (MUFA), které jsou více odolné proti peroxidaci lipidů než vícenenasycené mastné kyseliny (PUFA). Tento účinek se zdá být v souvislosti s přispěním několika menších prvků, jako jsou:  $\alpha$ ,  $\gamma$ -tokoferol a  $\beta$ -karoten.  $\alpha$ -Tokoferol je ve v olivovém oleji nejdůležitější antioxidant s úrovní okolo 95 % z celkových tokoferolů (Krichene et al., 2007).

Panenský olivový olej obsahuje mnoho menších sloučenin, ale zato s velkým významem, mezi nimiž vynikají polyfenoly. Tyto fenolické sloučeniny mají vliv na senzoryckou kvalitu, biologickou aktivitu a oxidační stabilitu olivového oleje. Mezi hlavní fenolické sloučeniny v olivovém oleji patří pět tříd: jednoduché fenoly (hydroxytyrosol, tyrosol), sekoiridoidy (oleuropein, ligstrosid a jejich hydrolyzové deriváty), lignany ((+)- pinoresinol a (+)-acetoxypinoresinol), flavonoidy (luteolin a apigenin) a fenolové kyseliny (kyselina *p*-kumarová apod.) (Pancorbo et al., 2007). Obsah fenolických látek je důležitým faktorem při hodnocení kvality panenského olivového oleje, neboť sloučeniny mají silnou antioxidační aktivitu a významně přispívají k mimořádné stabilitě olivového oleje před oxidací (Pancorbo et al., 2006). Jsou také důležité pro charakteristiku různých odrůd a pro kontrolu výrobních procesů oleje (Pancorbo et al., 2006). Tyto sloučeniny přispívají k senzoryckým vlastnostem panenského olivového oleje (hořkost, ostrost a trpkost) (Armaforte et al. 2007). Kyselost je považována jako důležitý index kvality, používána výhradně jako tradiční kritérium pro klasifikaci olivového oleje. Někteří autoři uvádí, že pozdější

zrání oliv, představuje vysoké procento kyselosti, protože se zvýší enzymatická aktivita, zejména lipolytických enzymů (Krichene et al., 2007).

Zvláštní význam mezi fenoly z panenského olivového oleje mají hlavně OH-Tyr a deriváty oleuropeinu, které ukazují vyšší antioxidační účinky než u jiných známých antioxidantů, jako jsou vitamíny E a C (L'opez et al., 2007). Oleuropein byl v roce 1960 izolován a charakterizován jako hořká složka oliv. Jeho struktura byla plně vyřešena o deset let později. Tento sekoiridoid se nachází nejen v plodech, ale také v listech olivovníků a dalších olivovitých, například v jasaněch a šerfících. V panenském olivovém oleji je ho 2–10 mg/l, celková koncentrace fenolických látek v olivovém oleji dosahuje 800–1000 mg/l. Oleuropein v poslední době výrazně stoupá na společenském žebříčku. Nejdříve byl rozpoznán jako účinný antioxidant, který chrání mastné kyseliny před oxidací, pohlcuje kyslíkové radikály a chrání játra před toxickým působením volného železa. Kromě toho také aktivuje některé enzymy (pepsin) a jiné inhibuje (trypsin nebo lipázu). Studie H. K. Hamdiho a R. Castellonové z Kalifornské univerzity v Los Angeles porovnává působení oleuropeinu na řadu lidských nádorových buněčných linií a na normální lidské fibroblasty. Oleuropein brzdil růst nádorových buněk, působil změny tvaru a snižoval jejich pohyblivost. Citlivé byly zvláště buňky odvozené od leukemie a melanomu, o něco méně vnímavé byly linie nádorů prsu a tlustého střeva a nejméně buňky nádoru ledvin. Normální fibroblasty byly ovlivněny nepatrně a až při nejvyšších koncentracích. Autoři poukazují také na nižší výskyt některých civilizačních chorob ve Středomoří (Krichene et al., 2007). Množství a složení fenolických sloučenin v panenském olivovém oleji, závisí na několika faktorech, jako je kultura, stupeň zrání, půda, podnebí, zavlažování a agronomické a technologické aspekty výroby (L'opez et al., 2007).

#### **4.4 Pšenice**

Pšenice je důležitou součástí lidské stravy, ale mnoho se neví o jejím fytochemickém profilu (Dinelli et al., 2007). V pšenicí byly lignany nalezeny v otrubách. Za hlavní lignan v pšeničných otrubách byl donedávna považován secoisolariciresinol diglycoside (SDG), podle Smeds et al. (2007) je to ale 7-hydroxymatairesinol, který byl ve studii kvantifikován díky využití šetrnějších metod extrakce. Bylo prokázáno, že pšeničné otruby poskytují ochranu proti karcinomu

tlustého střeva. Studie nedávno ukázaly, že protinádorové aktivity pšeničných otrub z různých odrůd pšenice se značně liší (Qu et al., 2005).

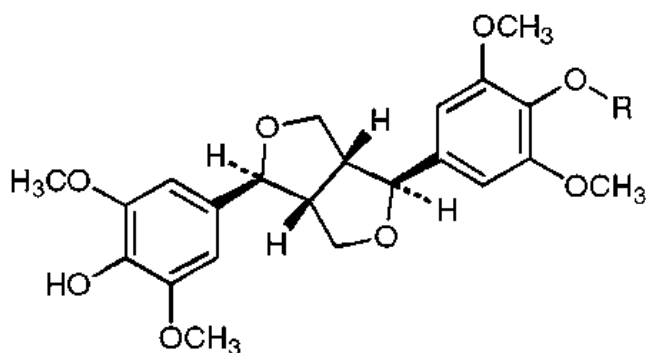
Celkový obsah lignanů u nových odrůd pšenice je průměrně 0,21 - 2,60 mg/g suché hmotnosti semen a u starých odrůd průměrně 1,30 – 5,00 mg/g suché hmotnosti semen. V moderních odrůdách (Betty, Ernie) byly identifikovány dvě sloučeniny - secoisolariciresinol a pinoresinol, byly přítomny v množství 1,30 - 1,64 mg/g suché hmotnosti semen (56 až 62 % z celkového množství lignanů) pro secoisolariciresinol a 0,98 - 1,22 mg/g suché hmotnosti semen (38-44 % z celkového obsahu lignanů) pro pinoresinol. Secoisolariciresinol a pinoresinol byly zjištěny u všech zkoumaných pšenic, zatímco arctigenin, hinokinin a syringaresinol byly zjištěny pouze u starých genotypů. Rozdíl mezi moderním a starým genotypem byly také pozorovány na počtu glykosidových forem (Dinelli et al., 2007).

#### 4.5 Žito

Žito je důležitou obilninou ve východní a severní Evropě, kde se využívá pro výrobu celozrnné mouky (Katina et al., 2007). Produkty žita jsou známé zvláště pro svůj vysoký obsah vlákniny. Zrno žita má také příznivé složení mastných kyselin, proteinů a velké množství bioaktivních látek, které přispívají k pozitivním zdravotním účinkům. Mezi bioaktivní látky žita patří lignany, fenolové kyseliny, fytoosteroly, minerální látky, vitamíny a další tokotrienoly, které jsou soustředěny především v klíčku a ve vnějších vrstvách zrna (Heinio et al., 2008). Celá zrna jsou bohatá na vitamíny (zejména vitamín B), minerální látky a stopové minerály (Katina et al., 2007). Fenolické sloučeniny, volné aminokyseliny a mastné kyseliny mohou ovlivnit chuťové vlastnosti. Chemické složení zrn se výrazně liší v závislosti na životním prostředí a genotypu. Odlišnosti ve složení mohou také vzniknout sklizní a posklizňovými úpravami nebo manipulací obilí ještě před jeho použitím. Ovšem daleko důležitější je správná technika zpracování, kterou se mění vnímaná chuť. Mletí má dokonce větší dopad na senzoricou kvalitu zrna žita, než pečení (Heinio et al., 2008). Zrna obsahují živé buňky a mají proměnlivou úroveň biokatalytické aktivity. Mnoho biochemických změn nastane v průběhu pečení, kynutí a klíčení, které poté mají vliv na vlastnosti výrobku, jako je struktura, biologická aktivita, chuť, stabilita a stravitelnost (Katina et al., 2007).

Hlavní lignan v žitě je syringaresinol (obrázek č. 13), který tvoří více než 80 % celkových lignanů. Vysoká úroveň fenolických látek je jedním z faktorů, které

přispívají k hořké chuti žita. Mnoho předchozích studií, ukázalo, že všechny alkylresorcinoly u žita a pšenice, se nachází v otrubách. Jen velmi nízký obsah alkylresorcinolů byl zjištěn v mouce nebo šrotu. V žitu se vyskytují tyto lignany: syringaresinol, pinoresinol, lariciresinol, medioresinol, matairesinol, secoisolariciresinol a isolariciresinol. Obsah lignanů v celozrnné mouce byl 2273 mg/100 g. Nejhojnější lignan, syringaresinol, tvořil téměř 80 % z celkového obsahu lignanů. Poté následovaly pinoresinol a lariciresinol s obsahem méně než 10 % hodnoty syringaresinolu. Vnímaná hořkost byla spojena především s pinoresinolem a kyselinou syringovou. Hladiny fenolických sloučenin v žitě jsou vyšší než u několika dalších obilovin. Celkový obsah fenolických kyselin byl 65 mg/100 g. Koncentrace alkylresorcinolů byla 143 mg/100 g a lignanů 2,3 mg/100 g (Heinio et al., 2008).



Obrázek č. 13: Syringaresinol (Dinelli et al., 2007)

#### 4.6 Víno

Polyfenolické sloučeniny jsou sekundární metabolity, které se vyskytují v hroznech vinné révy a uvolňují se během vinifikace. Účastní se metabolismu rostlin a jsou zodpovědné za jejich růst. Obsah polyfenolických sloučenin v hroznech vinné révy závisí na odrůdě, zeměpisné poloze (klíma, slunečního záření, atd.), vinařské technologii a především na způsobu vinifikace. Jejich koncentrace v červeném víně je až 20x vyšší ve srovnání s jejich obsahem v bílém víně. Fenolické složení bílých vín může být ovlivněno i lisováním (Mikeš et al., 2003). Celkový obsah polyfenolů se pohybuje u červeného vína od 1171 do 2210 mg/l (Balík et al., 2008).

Silné antioxidační vlastnosti vína jsou způsobeny především přítomností velkého množství polyfenolů a antokyanů (Stopka et al., 2008). Antioxidační účinek polyfenolů vína je stejný jako u jiných polyfenolů. Je založen na schopnosti

poskytovat atom vodíku jejich hydroxylové skupiny. Antioxidanty jsou látky, které jsou schopné, a to i v malých množstvích, předcházet nebo snížit oxidační destrukci biologicky důležitých sloučenin, jako jsou lipidy, proteiny a nukleové kyseliny (Balík et al., 2008). Epidemiologické výzkumy naznačují, že červené víno obsahuje fenolické sloučeniny, které chrání proti onemocnění srdce (Totušek et al., 2008).

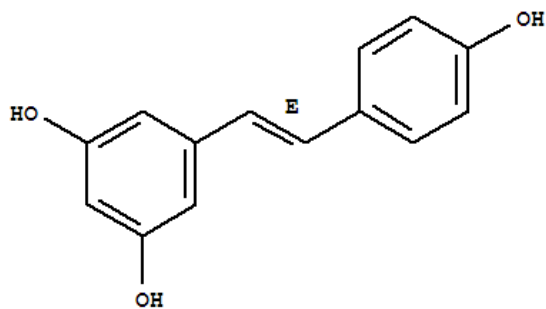
Jeden z nejvíce studovaných polyfenolů v hroznech vinné révy a vína, je resveratrol (obrázek č. 14) (Balík et al., 2008), který se nejvíce vyskytuje v hroznové slupce. Jeho obsah se liší odrůdami, ale také koncentrací v různých částech. Během zrání hroznů se jeho množství zvyšuje (Mikeš et al., 2003). Zjistilo se, že výrazně vyšší hladina resveratrolu (209 až 440 mg/l) je ve stonkách než v listech (3,6 až 9,9 mg/l). Bobule obsahovaly 0,7 až 5,8 mg/l resveratrolu. Předpokládá se, že vysoká variabilita obsahu resveratrolu ve víně může být způsobena různým stupněm enzymatické hydrolýzy. Zkoumal se obsah resveratrolu uvnitř bobulí. Většina resveratrolu byla přítomna ve slupce a bobulích, v menší míře v semenech (až 10 krát nižší) (Balík et al., 2008). Resveratrol byl poprvé izolován z podzemní části kýchavice velkokvěté. Resveratrol byl dále nalezen ve více než 72 rostlinných druzích, které patří systematicky do 31 rodů a 12 čeledí (je pochopitelné, že se zdokonalováním analytických metod se počty rostlinných druhů obsahujících resveratrol zvyšují). Řada těchto rostlin je běžnou součástí lidské stravy, např. vinné hrozny (a z nich víno jako nápoj), řada druhů zeleniny a ořechy (např. arašídy). Střední koncentrace resveratrolu v červených vínech je cca 2 - 6 mg/l, v bílých vínech je jeho koncentrace nižší, cca 0,2 - 0,8 mg/l. Z hlediska obsahu resveratrolu v zelenině je vhodné konzumovat zejména červené zelí, brokolici nebo červenou řepu. Červená vína obsahují 2 - 6 mg/l resveratrolu, tedy 1 mg resveratrolu je obsažen v 0,17 - 0,50 l červeného vína. V USA se v současné době nabízí řada preparátů obsahujících buď čistý resveratrol, nebo směs polyfenolů z vinných hroznů, často v kombinaci s extraktem z jader vinných hroznů. Přípravky jsou deklarovány jako potravinové fortifikační doplňky (Šmidrkal et al., 2001).

Studie prokázaly, že antioxidační a antimutagenní aktivity resveratrolu mohou zabránit výskytu rakoviny. Další hlavní polyfenol přítomný v hroznech vinné révy se nazývá kvercetin (obrázek č. 15), který je obvykle vázán na sacharidy, s kterými tvoří více stabilní glykosidy (rutin, atd.). Relativně vysoký obsah kvercetinu byl nalezen ve výliscích hroznů. Kvercetin snižuje hladinu cholesterolu (Mikeš et al., 2003). Je účinnějším antioxidantem než vitamíny C a E. Obsah volného

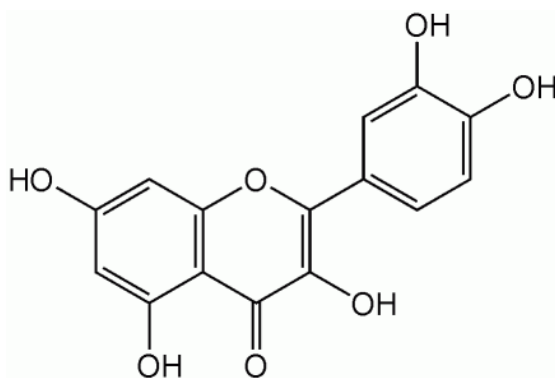


kvercetin se u vzorků vín pohyboval v rozmezí od 0,25 mg/l do 5,34 mg/l, obsah celkového kvercetin pak od 1,39 mg/l do 15,79 mg/l (Dadáková et al., 2003).

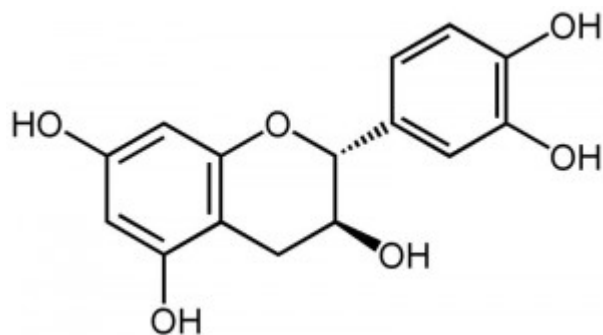
Katechin (obrázek č. 16) a epikatechin mají silné antioxidační účinky a oba jsou přítomni v hroznech vinné révy (Mikeš et al., 2003).



Obrázek č.14: Resveratrol (Moravcová et al., 2002)



Obrázek č. 15: Kvercetin (Dadáková et al., 2003)



Obrázek č. 16: Katechin (D'Archivio et al., 2007)

#### 4.7 Ostatní zdroje polyfenolů

Ačkoliv jsou fenolické sloučeniny přítomny téměř ve všech potravinách rostlinného původu, existují velké rozdíly v obsahu celkových fenolů v různých druzích ovoce nebo zeleniny. Mezi zdroje, které obsahují „důležité“ polyfenoly, patří zelenina, ovoce, ale i nápoje (tabulka č. 1, 2, 3). Nápoje, jako ovocné šťávy, čaje a vína jsou důležitým zdrojem fenolických látek v lidské stravě. Katechiny jsou hlavní fenolické sloučenin v zeleném čaji. Výroba černého čaje fermentací má za následek tvorbu složitějších látek, jako je kyselina chlorogenová, kyselina kávová a ferulová a kyselina *p*-kumarová, které jsou přítomné v kávě. Citrusový průmysl produkuje velké množství kůry, která může tvořit až 50% celkové hmotnosti plodu. Kůry a slupky ovoce obsahují až o 15% více fenolických látek než oloupané ovoce. Například u slupek z jablek, broskví a hrušek bylo zjištěno, že obsahují dvojnásobné množství fenolických látek, než bylo zjištěno v oloupaném ovoci. Slupky granátového jablka obsahují 249,4 mg/g fenolických látek ve srovnání s pouhými 24,4 mg/g fenolických látek v drti (Balasundram et al., 2006).

Ovoce a nápoje, jako je čaj a červené víno představují hlavní zdroje polyfenolů. Některé polyfenoly, jako kvercetin se nachází ve všech rostlinných produktech (ovoce, zelenina, obiloviny, luštěniny, ovocné šťávy, čaje, vína, atd.), zatímco jiné jsou specifické pro určité potraviny (flavanony v citrusových plodech, isoflavony v sóji, phloridzin u jablek). Ve většině případů, potraviny obsahují složité směsi polyfenolů, které jsou často nesnadno charakterizovány. Jablka jsou jedním z mála druhů potravin, u nichž jsou k dispozici poměrně přesné údaje o složení polyfenolů. Polyfenolový profil všech odrůd jablek je prakticky stejný, ale koncentrace se může pohybovat v rozmezí od 0,1 - 5 g celkových polyfenolů/kg jablek a může být dokonce i 10 g/kg u některých odrůd moštových jablek. Polyfenoly u některých potravin, zejména některé exotické druhy ovoce a některé obiloviny, ještě nebyly analyzovány. Mezi faktory, které mohou mít vliv na obsah polyfenolů, řadíme: zralost v době sklizně, faktory životního prostředí, zpracování, skladování a hlavně odrůda (Manach et al., 2004).

Tabulka č. 2 : zdroje polyfenolů (Balasudram et al.,2006)

| <b>Druh nápoje</b> | <b>Celkový obsah fenolů (mg/100mg)</b> |
|--------------------|--|
| Černý čaj          | 80.5 - 134.9                           |
| Zelený čaj         | 65.8 - 106.2                           |
| Instantní káva     | 146 - 151                              |
| Mletá káva         | 52.5 - 57.0                            |

Tabulka č. 3 : zdroje polyfenolů (Balasudram et al.,2006)

| <b>Zelenina</b>   | <b>Celkový obsah fenolů (mg/100g)</b> |
|-------------------|---------------------------------------|
| Brokolice         | 1,24 -101,6                           |
| Růžičková kapusta | 1,3 – 68,8                            |
| Zelí              | 2,4 – 92,5                            |
| Mrkev             | 0, 9 – 55,0                           |
| Okurka            | 0, 9 – 48,0                           |
| Máta              | 3,2 – 399,8                           |
| Špenát            | 8,5 – 91,0                            |
| Rajče             | 1,6 – 68,0                            |
| Žlutá cibule      | 1,9 – 76,3                            |

Tabulka č. 3: zdroje polyfenolů (Manach et al., 2004)

|                      | <b>Zdroj<br/>(velikost porce)</b> | <b>Obsah polyfenolů v<br/>hmotnostních nebo<br/>objemových jednotkách</b><br><i>(mg / kg nebo mg / l)</i> |
|----------------------|-----------------------------------|---|
| Cyanidin             | Ostružiny(100 g)                  | 1000-4000   |
| Pelargonidin         | Černý rybíz (100 g)               | 1300-4000   |
| Peonidin             | Borůvky (100 g)                   | 250-5000  |
| Malvidin             | Třešně (200 g)                    | 350-4500  |
|                      | Jahody (200 g)                    | 150-750   |
|                      | Švestka (200 g)                   | 20–250  |
|                      | Červené zelí (200 g)              | 250   |
| Flavonoly            | Žlutá cibule (100 g)              | 350-1200  |
| Quercetin            | Kapusta (200 g)                   | 300-600   |
| Kaempferol           | Pórek (200 g)                     | 30-225  |
| Myricetin            | Rajčata (200 g)                   | 2-15  |
|                      | Brokolice (200 g)                 | 40-100  |
|                      | Borůvky (100 g)                   | 30-160  |
|                      | Černý rybíz (100 g)               | 30-70   |
|                      | Meruňky (200 g)                   | 25-50   |
|                      | Jablko (200 g)                    | 20-40   |
| Flavony              | Petržel (5 g)                     | 240-1850  |
| Apigenin             | Celer (200 g)                     | 20-140  |
| Flavanon             | Pomerančová šťáva (200 ml)        | 215-685   |
| Hesperetin           | Grapefruitový džus (200 ml)       | 100-650   |
| Naringenin           | Citronová šťáva (200 ml)          | 50-300  |
| Isoflavony           | Sójová mouka (75 g)               | 800-1800  |
| Daidzein             | Sójové boby, vařené (200 g)       | 200-900   |
| Genistein            | Miso (100 g)                      | 250-900   |
| Glycitein            | Tofu (100 g)                      | 80-700  |
|                      | Tempeh (100 g)                    | 430-530   |
|                      | Sójové mléko (200 ml)             | 30-175  |
| Monomerní flavanoly, | Čokoláda (50 g)                   | 460-610   |
| Katechin             | Fazole (200 g)                    | 350-550   |
| Epikatechin          | Meruňka (200 g)                   | 100-250   |
|                      | Třešně (200 g)                    | 50-220  |
|                      | Broskev (200 g)                   | 50-140  |
|                      | Ostružiny (100 g)                 | 130   |
|                      | Jablko (200 g)                    | 20-120  |
|                      | Zelený čaj (200 ml)               | 100-800   |
|                      | Černý čaj (200 ml)                | 60-500  |
|                      | Červená vína (100 ml)             | 80-300  |

## 5. Biologické účinky

Pro lignany je typická celá řada biologických účinků. Lignany působí antivirově, antibakteriálně, antioxidačně a antimitoticky také na vyšší organismy, navíc se mohou vázat na estrogenní receptory a působit jako agonisté i antagonisté (Želazková, 2008). Živočišné lignany vznikají ve střevech savců mikrobiální transformací rostlinných lignanů, účinkují v organismu jako fytoestrogeny a pravděpodobně působí preventivně proti vzniku některých nádorových onemocnění (Slanina, 2004). Metabolity lignanů působí jako antioxidanty na volné radikály a mohou tak snížit riziko vzniku rakoviny (Qu et al., 2005). Nedávné epidemiologické studie indikovaly ochrannou roli celozrnných potravin před několika chorobami, souvisejících se západní společností (diabetes 2. typu, kardiovaskulární onemocnění a některé druhy rakoviny (Katina et al., 2007). Výzkumy ukázaly, že by SDG mohlo zabránit výskytu rakoviny prostaty a prsu. Pozitivní výsledky byly také prokázány u lupenky (Zhang et al., 2007). Strava bohatá na lignany má také ochranný účinek proti osteoporóze (Dinelli et al., (2007).

### 5.1 Nádorové onemocnění

Bylo prokázáno, že výskyt rakoviny se liší nápadně v různých populacích světa. Studie naznačují, že rozdíl je z velké části ovlivněn spíše životním stylem, než genetikou. Nejvyšší výskyt rakoviny prsu, vaječnicků, dělohy a prostaty je typický v populacích se západním životním stylem (vysoký příjem tuku a nízký příjem vlákniny), oproti asijské populaci s východním životním stylem. Vysoká hladina biologicky aktivního estrogenu je spojena se zvýšeným rizikem vzniku rakoviny prostaty u mužů a rakoviny vaječnicků a prsu u žen (Tham et al., 1997). Vysoký přísun rostlinných lignanů v potravě nebo vysoká hladina plazmatické hladiny enterolaktonu (ENL) u žen, se spojuje se sníženým výskytem rizika rakoviny prsu. Nízká plazmatická koncentrace ENL je tedy spojena se zvýšeným rizikem rakoviny prsu. Oproti tomu nebyla nalezena souvislost mezi plazmatickou úrovní ENL a rizikem výskytu rakoviny prostaty u lidí (Oikarinen et al., 2005). Studie ukázaly, že lidé, kteří konzumují velké množství isoflavonoidů ve stravě, mají nižší výskyt několika nádorů, včetně rakoviny prsu, prostaty a tlustého střeva. V Asii, kde je spotřeba fytoestrogenů vysoká, je výskyt těchto druhů rakoviny nízký. Dvě retrospektivní studie, které zkoumaly vylučování fytoestrogenů a riziko vzniku

rakoviny prsu, ukázaly nižší riziko rakoviny prsu u žen se zvýšeným vylučováním fytoestrogenů (Cornwell et al., 2004). V současné době je rakovina prsů nejčastější nádorové onemocnění žen v USA a podle počtu úmrtí na onkologické choroby jí patří druhé místo. Význam fytoestrogenů v prevenci rakoviny prsů jasně dokumentuje studie zahrnující 144 žen s nově diagnostikovaným onemocněním, u kterých byly plazma a moč analyzovány ještě před začátkem terapie. Ukázalo se, že u žen s vysokým obsahem hlavně equolu a enterolaktonu je podstatně nižší riziko vzniku a rozvinutí rakoviny prsů. Pro ženy v postmenopauze je charakteristické, že ty, které onemocněly rakovinou prsů, vylučují močí podstatně menší množství lignanů než ženy zdravé, ať už jsou jejich stravovací návyky jakékoliv. U mužů se předpokládá, že fytoestrogeny mohou mít protektivní účinek proti rakovině prostaty. Epidemiologické studie ukazují, že výskyt rakoviny prostaty u Afroameričanů je 125x vyšší než u čínských mužů. Pravděpodobnost vzniku rakoviny prostaty je snížena až na 50 %, je-li více než 5x týdně konzumováno tofu, jak prokázala japonská studie. Asijská mužská populace má vyšší hladinu fytoestrogenů v plazmě a v moči i v sekretu prostatických žláz, což je v souladu s teorií o preventivní roli těchto rostlinných látek. I muži z oblasti kolem Středozemního moře jsou více chráněni proti rakovině prostaty díky lepšímu složení potravy. Tofu potlačuje riziko vzniku rakoviny žaludku u japonské populace a rakoviny plic čínských mužů. Denní konzumace miso je spojena se snížením pravděpodobnosti vzniku rakoviny žaludku u japonských mužů (Moravcová et al., 2002). Pojídání žitných otrub prokázalo výrazný pokles v počtu nádorů tlustého střeva (Davis et al., 1999).

## **5.2 Kardiovaskulární onemocnění**

Fytoestrogeny mohou mít pozitivní vliv na srdeční onemocnění i prostřednictvím snižování koncentrace lipidů a lipoproteinů v plazmě. Snižování hladiny cholesterolu u zvířat sójovými proteiny je známé už delší dobu, ale u člověka byl tento vliv popsán nedávno. Nejvyšší účinek byl zaznamenán u těch dobrovolníků, kteří měli na začátku pokusu nejvyšší hladinu cholesterolu. To může být důvod, proč jiné studie vliv fytoestrogenů na snižování cholesterolu nenalezly. Ani pozitivní výsledky dalších pokusů nepřinesly jednoznačnou odpověď, neboť v několika případech byly připsány špatnému výběru a velikosti sledované skupiny osob, případně jiným složkám podávaného přípravku než isoflavonům (Moravcová et al., 2002). Mnoho epidemiologických studií ukazuje na nepřímou závislost mezi

příjmem lignanů a rizikem kardiovaskulárních chorob. Ve studiích se sledovaly hladiny enterolaktonu a enterodiolu v krevním séru a moči v závislosti na příjmu dvou rostlinných lignanů, a to matairesinolu a secoisolariciresinolu. Například bylo prokázáno 65 % snížení rizika akutních srdečních příhod u mužů s vysokou hladinou enterolaktonu, nebo se ukázalo, že vysoký příjem rostlinných lignanů u mužů snižoval riziko kardiovaskulárních onemocnění (Crosby, 2005). U žen po menopauze jsou kardiovaskulární choroby nejčastější příčinou úmrtí v USA. Estrogen může mít vliv na cévní systém, protože se nachází v cévní stěně (Cornwell et al., 2004).

### **5.3 Osteoporóza**

Kontinuální úbytek kostní hmoty u starších osob je přirozeným procesem stárnutí. Ženy mají vyšší výskyt osteoporotických zlomenin než muži, kvůli nižší kostní hmotnosti, ale i náhlé snížení sekrece estrogenu u žen po menopauze zrychluje úbytek kostní hmoty. V současné době je osteoporóza (související se zlomeninou) nižší v Asii, než ve většině západních států, možná i kvůli fytoestrogenům (Tham et al., 1997). Estrogen hraje důležitou roli při udržování kostní hustoty tím, že reguluje tvorbu a resorpci kostí. Při menopauze se vápník vytrácí z kostí do krevní plazmy, což vede k osteoporóze (Cornwell et al., 2004). Předpokládá se, že fytoestrogeny jako slabé estrogeny by mohly působit preventivně proti osteoporóze. Nepřímý důkaz této teorii poskytuje i fakt, že ipriflavon v denní dávce 200 - 600 mg zvyšuje hmotnost kostí. Pro jednoznačné konstatování o vlivu fytoestrogenů na osteoporózu chybí ale zatím dostatek experimentálních údajů (Moravcová et al., 2002).

Ipriflavon je syntetický derivát isoflavonů, který spadá do velké skupiny isoflavonoidů. Ipriflavon je registrován jako recept na léčení osteoporózy v různých zemích (Japonsko a Argentina). Bylo prokázáno, že zvyšuje uchování vápníku v kostech, zpomaluje rozpad kostí, podporuje činnost kostních buněk a snižuje bolest osteoporotických zlomenin. Strukturně je podobný fytoestrogenům (genistein a daidzein), ovšem nebylo prokázáno, že vykazuje estrogení aktivitu na cílové orgány jako estrogen. Nebylo také hlášeno, že by měl škodlivé vedlejší účinky (Brown, 2000).

## **5.4 Menopausa**

Nástup menopausy doprovází řada symptomů, z nichž návaly horka jsou nejméně příjemné a jsou popisovány jako méně časté u japonských žen než u kanadských a současně pouze 4 % japonských žen v postmenopauze užívá substituční hormonální léčbu (HRT) ve srovnání se 30 % žen v USA. Ačkoliv mohou být rozdíly v symptomech menopausy žen různých etnik vyvolány různými faktory, někteří odborníci je přičítají dietetickým fytoestrogenům. Prozatím bylo publikováno pouze několik prací sledujících četnost návalů v závislosti na podávání fytoestrogenů a ani jedna z nich jednoznačně pozitivní vliv nepotvrzuje (Moravcová et al., 2002).

## **5.5 Kognitivní funkce**

Několik studií zkoumalo vliv fytoestrogenů na kognitivní a mnestické funkce. Desetitýdenní studie prokázala, že strava s vysokým obsahem sóji vede u studentů ke zvýšení dlouhodobé a krátkodobé paměti. Pro tuto studii se používaly buď vysoké dávky isoflavonové stravy (100 mg/den) nebo nízké (0,5 mg/den). Na začátku a na konci doby studia byly testovány různé kognitivní schopnosti. U studentů s vysokou dávkou isoflavonové stravy bylo prokázané zlepšení dlouhodobé paměti a mentální flexibility (Cornwell et al., 2004).



## 6. Metody měření

Chromatografie je jedna z nejvýznamnějších analytických separačních metod. Umožňuje dělení, identifikaci a stanovení velkého počtu organických i anorganických látek. Chromatografie využívá dělení mezi dvěma fázemi. Fáze pohyblivá (plyn nebo kapalina) bude bez ohledu na skupenství označována jako fáze mobilní. Fáze nepohyblivá (stacionární), může mít v chromatografii velmi rozdílnou formu. Mohou jí být částičky tuhé fáze o velikosti jednotek až stovek mikrometrů, může to být kapalina vázaná na povrchu inertního nosiče či film kapaliny na vnitřní stěně kapiláry (Drbal et al., 1999). Podle povahy fází se chromatografie dělí na plynovou a kapalinovou.

Plynová chromatografie umožňuje analýzu plyných vzorků, popř. kapalných vzorků, pokud je lze před separací převést v páry. Separace se uskutečňuje v soustavě plyn – tuhá fáze (GSC) nebo plyn – kapalina (GLC). V obou případech je mobilní fáze plyná, nazývá se nosný plyn (nejčastěji, dusík, helium, argon, vodík, oxid uhličitý). Stacionární fáze je tvořena buď tuhým sorbentem, nebo zakotvenou kapalnou fází na inertním nosiči (křemelině) a je umístěna v chromatografické koloně. Zde dochází k rozdělení směsí na jednotlivé složky vlivem interakce složek vzorku s náplní kolony. Přístroj pracuje eluční metodou (jednorázové vymývání dávkovaného vzorku nosným plynem), složky směsi jsou proudem nosného plynu unášeny z kolony do detektoru, který bývá přímo spojen se zapisovačem, příp. vyhodnocovacím zařízením (Lichtenberg et al., 2003).

Princip a podstata separačních dějů uplatňujících se v kapalinové chromatografii se v zásadě neliší od chromatografie plynové. Hlavní rozdíly oproti plynové chromatografii spočívají v minimální kompresibilitě mobilní fáze, malém vlivu teploty na separaci, a velmi významné aktivní úloze mobilní fáze. Kapalinová chromatografie zahrnuje všechny chromatografické způsoby separace, kdy je mobilní fáze kapalná. S ohledem na experimentální uspořádání hovoříme o kapalinové chromatografii v otevřeném systému (papírová a tenkovrstvá chromatografie) a v uzavřeném systému (dnes zejména vysokoúčinná kapalinová chromatografie HPLC) (Drbal et al., 1999).

Chromatografické techniky, kapalinová chromatografie (HPLC) s UV detekcí, plynová chromatografie s detekcí hmotnostním spektrometrem (GC-MS)

nebo kapalinová chromatografie s detekcí hmotnostním spektrometrem (LC-MS), patří mezi nejvíce využívané analytické metody pro měření lignanů v potravinách.

Pro analýzu secoisolariciresinolu v lněném semínku se nejvíce používá metoda HPLC-UV. Vzhledem k omezené citlivosti a specifčnosti, není vhodná pro vzorky s nízkým obsahem lignanů (Milder et al., 2004). HPLC používá detektory NMR, MS, biosenzory, fluorescence a jiné. Ze všech HPLC detekčních metod má MS zjevně největší potenciál. Výhody MS detekcí zahrnují schopnost určit molekulární hmotnost a poskytnutí strukturálních informací (Pancorbo et al., 2007).

Výhodou plynové chromatografie (GC) je vyšší maximální kapacita (Schwartz et al., 2006). Nevýhodou je, že vyžaduje časté a náročné čištění a derivatizaci, s následným rizikem ztrát. Výsledky získané pomocí metody GC jsou velmi spolehlivé a zajímavé, ale použití této techniky je méně časté, protože derivatizační krok je zásadní a při použití vysoké teploty, by se mohly analyty poškodit. Metoda GC je používána s třemi různými detektory (FID, NMR a MS) (Pancorbo et al., 2007).

Kapalinová chromatografie (LC-MS) je citlivá metoda a nevyžaduje žádnou derivatizaci. Metoda LC-MS umožňuje velmi přesnou a citlivou kvantifikaci všech čtyř hlavních lignanů (secoisolariciresinol, matairesinol, lariciresinol a pinoresinol) (Milder et al., 2004).

Tradiční separace a stanovení jednotlivých fenolických sloučenin z olivového oleje se provádí vysoce účinnou kapalinovou chromatografií nebo plynovou chromatografií. Obě metody mají získat spolehlivé výsledky, ale bohužel ukazují některá omezení. Na druhou stranu se kapilární elektroforéza (CE) ukázala být jako rychlý, platný a spolehlivý nástroj pro analýzu potravin. Je to technika, která nabízí rychlou a vysokou rozlišovací schopnost separace, přičemž vyžaduje pouze několik nanolitů vzorku (Pancorbo et al., 2006). CE nabízí lepší rozlišení než HPLC. Používá se pro analýzu fenolických sloučeniny v olivovém oleji a jeho výsledky představují dobrý kompromis mezi časem analýzy a charakterizací některých tříd fenolů v panenském olivovém oleji (Pancorbo et al., 2007).

## 7. ZÁVĚR

Během studia pramenů k bakalářské práci jsem si ověřil, že jde opravdu o velice zajímavé téma. Další výzkum léčivých účinků lignanů se bude určitě rozvíjet. Již nyní je využití účinných látek zejména formou potravinových doplňků poměrně rozsáhlé (u nás např. firma Walmark). Pro firmy to je rozhodně zajímavý finanční artikl. Lidé získávají správný náhled na péči o své zdraví - především prevence civilizačních chorob – a jsou stále více ochotni investovat do zdravého způsobu výživy.

Myslím si, že lidé neví o účincích fytoestrogenů, a proto nevěnují konzumaci ovoce a zeleniny velkou váhu, i když skoro v každém ovoci i zelenině jsou tyto látky obsaženy. Za zmínku stojí upozornit i na fakt, že u lidí z východních zemí (Japonsko, Čína, atd.) a ze Středomoří se méně objevují choroby, před kterými chrání konzumace značného množství stravy, která obsahuje fytoestrogeny (sója, čočka, olivový olej atd.).

Důležité je působení lignanů proti poškození výstelky cév – zabraňují tvorbě aterosklerózy, trombů s následným zúžením a uzávěrem tepen. V tom spočívá prevence kardiovaskulárních a cerebrovaskulárních onemocnění. Dalším důležitým efektem je snížení vysokého obsahu cholesterolu v krvi.

Problém osteoporózy narůstá u stárnoucí populace, jde nejen o bolesti ale také o patologické zlomeniny kostí při zhoršeném metabolismu vápníku a bílkovin. Tyto změny zejména u žen souvisí s poklesem hormonální aktivity a fytoestrogeny mohou pak efekt lidských hormonů nahradit. U mužů je velkým problémem onemocnění prostaty a opět tyto přírodní látky lze využít i k léčbě těchto potíží. Narůstá výskyt rakoviny tlustého střeva, prokazatelné je preventivní působení dostatečného množství vlákniny při vývoji prekancerózních změn. Obdobný efekt vlákniny je prokázán při vzniku diabetu mellitu II. typu, ale již i při manifestaci onemocnění se výrazně zlepšují výsledky léčby. Dále je důležité zpomalení stárnutí organismu včetně ovlivnění funkce mozku – zejména kognitivních funkcí.

V příznivém ovlivnění funkcí lidského organismu vidím zásadní přínos těchto rostlinných látek. Předpokládám, že již v brzké době dojde ještě k rychlejšímu praktickému využití dosavadních poznatků a k novým objevům.

## 8. Seznam použité literatury

AMIRGHOFAN, Zahra , et al. Induction of apoptosis in leukemia cell lines by *Linum persicum* and *Euphorbia cheiradenia*. *J Cancer Res Clin Oncol*. 2006, č.132, s. 427–432.

ARMAFORTE, Emanuele , et al. Retention effects of oxidized polyphenols during analytical extraction of phenolic compounds of virgin olive oil. *J. Sep. Sci.* 2007, č.30, s. 2401 – 2406.

ARROO, Randolph R. J. , et al. Phytoestrogens as natural prodrugs in cancer prevention: a novel concept. *Phytochem Rev*. 2008, č. 7, s. 431–443.

BALASUNDRAM, Nagendran; SUNDRAM, Kalyana ; SAMMAN, Samir . Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry*. 2006, č. 99, s. 191–203.

BALÍK, Josef, et al. Relations between Polyphenols Content and Antioxidant Activity in Vine Grapes and Leaves. *Czech J. Food Sci.* 2008, č.26, s. S25–S32.

BALÍK, Josef, et al. The Changes of Selected Phenolic Substances in Wine Technology. *Czech J. Food Sci.* 2008, č. 26, s. S3–S12.

BLITZ, Carrie L. ; MURPHY, Suzanne P. ; AU, Donna Lyn M. Adding lignan values to a food composition database. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2007, č. 20, s. 99–105.

BROWN, Susan E. . *Betterbones* [online]. 2000 [cit. 2011-04-09]. Ipriflavone. Dostupné z WWW: <<http://www.betterbones.com/foundation/ipriflavone.pdf>>.

CORNWELL, Teresa ; COHICK, Wendie ; RASKIN, Ilya . Dietary phytoestrogens and health. *Phytochemistry*. 2004, č. 65, s. 995–1016.

CORTÉS, Richard . *Ceskapozice* [online]. 2011 [cit. 2011-04-14]. Miso nad zlato. Dostupné z WWW: <<http://www.ceskapozice.cz/zahranici/svetove-udalosti/miso-nad-zlato>>.

CROSBY, G.A. Lignans in Food and Nutrition. *Food Technology*. 2005, č. 5, s. 32 – 34.

DADÁKOVÁ, EVA , et al. LABORATORNÍ PŘÍSTROJE A POSTUPY. *Chem. Listy*. 2003, č. 94, s. 558 - 561.

D'ARCHIVIO, Massimo , et al. Polyphenols, dietary sources and bioavailability. *Ann Ist Super Sanità*. 2007, č. 4, s. 348-361.

DAVIES, Margaret J., et al. Effects of soy or rye supplementation of high-fat diets on colon tumour development in azoxymethane-treated rats. *Carcinogenesis*. 1999, č. 6, s. 927–931.

DINELLI, Giovanni , et al. Lignan profile in seeds of modern and old Italian soft wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars as revealed by CE-MS analyses. *Electrophoresis*. 2007, č. 28, s. 4212–4219.

DRBAL, Karel; KŘÍŽEK, Martin. *Analytická chemie*. České Budějovice : Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 1999. 186 s. ISBN 80-7040-352-7.

FREEMAN, Amy. *Suite101* [online]. 2009 [cit. 2011-04-10]. What is Tempeh?. Dostupné z WWW: <<http://www.suite101.com/content/what-is-tempeh-a132710>>.

HACKSTEIN, Herman ; WEHMEYER, Wota. *Lexikon - Rostliny pro balkony a terasy*. Čestlice : Rebo Productions CZ, 2007. 302 s. ISBN 978-80-7234-706-3.

HANO, C. , et al. Differential accumulation of monolignol-derived compounds in elicited flax (*Linum usitatissimum*) cell suspension cultures. *Planta*. 2006, č. 223, s. 975–989.

HARMATHA, JURAJ . STRUKTURNÍ BOHATSTVÍ A BIOLOGICKÝ VÝZNAM LIGNANŮ A JIM PŘÍBUZNÝCH ROSTLINNÝCH FENYLPROPANOIDŮ. *Chem. Listy*. 2005, č.99, s. 622 – 632.

HARRIS, Jill. *Suite101* [online]. 2007 [cit. 2011-04-10]. The History of Tofu. Dostupné z WWW: <<http://www.suite101.com/content/cooking-with-tofu-a12689>>.

HEINIO, R.-L. , et al. Quantities of phenolic compounds and their impacts on the perceived flavour attributes of rye grain. *Journal of Cereal Science*. 2008, č. 47, s. 566–575.

CHARLET, Stéphane , et al. An HPLC procedure for the quantification of anhydrosecoisolariciresinol. Application to the evaluation of flax lignan content. *Plant Physiol. Biochem.* 2002, č.40, s. 225–229.

KATINA, K. , et al. Fermentation-induced changes in the nutritional value of native or germinated rye. *Journal of Cereal Science*. 2007, č. 46, s. 348–355.

KRICHENE, D. , et al. PHENOLIC COMPOUNDS, TOCOPHEROLS AND OTHER MINOR COMPONENTS IN VIRGIN OLIVE OILS OF SOME TUNISIAN VARIETIES. *Journal of Food Biochemistry*. 2007, č. 31, s. 179–194.

LAHOLA, Josef, et al. *Luskoviny pěstování a využití*. Praha : Státní zemědělské nakladatelství, 1990. 224 s.

LICHTENBERG, Karel ; SCHMIDTMAYEROVÁ, Jana. *Laboratorní technika (cvičení)*. České Budějovice : Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2003. 99 s. ISBN 80-7040-603-8.

L'OPEZ, Maria Jesus Oliveras, et al. Study of the phenolic composition of spanish and italian monocultivar extra virgin olive oils: Distribution of lignans, secoiridoidic, simple phenols and flavonoids. *Talanta*. 2007, č.73, s. 726–732.

MANACH, Claudine , et al. Polyphenols: food sources and bioavailability. *American Journal of Clinical Nutrition*. 2004, č.5, s. 727-747.

MIKEŠ, Ondřej , et al. Distribution of Major Polyphenolic Compounds in Vine Grapes of Different Cultivars Growing in South Moravian Vineyards. *Czech J. Food Sci.* 2003, č. 3, s. 182–189.

MILDER, IVON E. J. , et al. Optimization of a Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry Method for Quantification of the Plant Lignans Secoisolariciresinol, Matairesinol, Lariciresinol, and Pinoresinol in Foods. *J. Agric. Food Chem.* 2004, č. 52, s. 4643-4651.

MORAVCOVÁ, Jitka; KLEINOVÁ, Tereza. FYTOESTROGENY VE VÝŽIVĚ - PŘINÁŠEJÍ UŽITEK NEBO RIZIKO?. *Chem. listy*. 2002, č.96, s. 282-289.

OIKARINEN, Seija , et al. No effect on adenoma formation in Min mice after moderate amount of flaxseed. *Eur J Nutr*. 2005, č.44, s. 273–280.

PANCORBO, ALEGRIA CARRASCO, et al. A simple and rapid electrophoretic method to characterize simple phenols, lignans, complex phenols, phenolic acids, and flavonoids in extravirgin olive oil. *J. Sep. Sci*. 2006, č. 29, s. 2221 – 2233.

PANCORBO, ALEGRIA CARRASCO, et al. CE- and HPLC-TOF-MS for the characterization of phenolic compounds in olive oil. *Electrophoresis*. 2007, č. 28, s. 806–821.

PANCORBO, ALEGRIA CARRASCO, et al. Evaluation of the Influence of Thermal Oxidation on the Phenolic Composition and on the Antioxidant Activity of Extra-Virgin Olive Oils. *J. Agric. Food Chem*. 2007, č. 55, s. 4771-4780.

PANCORBO, ALEGRIA CARRASCO, et al. Rapid Quantification of the Phenolic Fraction of Spanish Virgin Olive Oils by Capillary Electrophoresis with UV Detection. *J. Agric. Food Chem*. 2006, č. 54, s. 7984-7991

QU, Hongyan , et al. Lignans Are Involved in the Antitumor Activity of Wheat Bran in Colon Cancer SW480 Cells. *J. Nutr.*. 2005, č.135, s. 598 - 602.

RENOUARD, Sullivan , et al. Cellulase-assisted release of secoisolariciresinol from extracts of flax (*Linum usitatissimum*) hulls and whole seeds. *Food Chemistry*. 2010, č. 122, s. 679–687.

SCHWARTZ, Heidi ; SONTAG, Gerhard . Determination of secoisolariciresinol, lariciresinol and isolariciresinol in plant foods by high performance liquid chromatography coupled with coulometric electrode array detection. *Journal of Chromatography B*. 2006, č. 838, s. 78–85.

SCHWARTZ, Heidi ; SONTAG, Gerhard ; PLUMB, Jenny. Inventory of phytoestrogen databases. *Food Chemistry*. 2009, č. 113, s. 736–747.

SIRTORI, CESARE R. ; ARNOLDI, ANNA ; JOHNSON, STUART K. .  
Phytoestrogens: End of a tale?. *Annals of Medicine*. 2005, č. 37, s. 1–16.

SLANINA, Jiří. BIOLOGICKÁ A FARMAKOLOGICKÁ AKTIVITA LIGNANŮ.  
*Chem. Listy*. 2000, č. 94, s. 111 - 116.

SLANINA, Jiří; GLATZ, Zdeněk. Separation procedures applicable to lignan  
analysis. *Journal of Chromatography B*. 2004, č. 812, s. 215–229.

SMEDS, ANNIKA I. , et al. Quantification of a Broad Spectrum of Lignans in  
Cereals, Oilseeds, and Nuts. *J. Agric. Food Chem.*. 2007, č. 55, s. 1337-1346.

STOPKA, Pavel, et al. Antioxidant Activity of Wines and Related Matters Studied  
by EPR Spectroscopy. *Czech J. Food Sci.*. 2008, č. 26, s. 49–54.

ŠMIDRKAL, JAN , et al. RESVERATROL. *Chem. Listy*. 2001, č. 95, s. 602 - 609.

THAM, DORIS M. ; GARDNER, CHRISTOPHER D. ; HASKELL, WILLIAM L. .  
Potential Health Benefits of Dietary Phytoestrogens: A Review of the Clinical,  
Epidemiological, and Mechanistic Evidence. *Journal of Clinical Endocrinology and  
Metabolism*. 1997, č. 7, s. 2223 - 2235.

TOTUŠEK, JIŘÍ , et al. Antimutagenic Activity of Raw Materials and By-Products  
from Production of Grape Wines. *Czech J. Food Sci.*. 2008, č. 26, s. S55–S59.

ZHANG, Zhen-Shan, et al. Optimization of ethanol–water extraction of lignans from  
flaxseed. *Separation and Purification Technology*. 2007, č. 57, s. 17–24.

ŽELAZKOVÁ, Jana. *Nové inhibitory polymerace tubulinu* [online]. Brno, 2008. 80  
s. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, přírodovědecká fakulta. Dostupné z  
WWW: <[http://is.muni.cz/th/175219/prif\\_b/Zelazkova-Bakalarska\\_prace.pdf](http://is.muni.cz/th/175219/prif_b/Zelazkova-Bakalarska_prace.pdf)>.



## 9. Seznam použitých zkratek

|                   |   |
|-------------------|---|
| <b>7-OH-MATAI</b> | 7-hydroxymatairesinol   |
| <b>CE</b>         | kapilární elektroforéza                                       |
| <b>ENL</b>        | enterolakton  |
| <b>FID</b>        | plamenový ionizační detektor                                  |
| <b>GC-MS</b>      | plynová chromatografie s detekcí hmotnostním spektrometrem    |
| <b>GC</b>         | plynová chromatografie  |
| <b>HPLC</b>       | vysokoúčinná kapalinová chromatografie                        |
| <b>HPLC-UV</b>    | vysokoúčinná kapalinová chromatografie s detekcí UV záření    |
| <b>LARICI</b>     | lariciresinol   |
| <b>LC</b>         | kapalinová chromatografie                                     |
| <b>LC-MS</b>      | kapalinová chromatografie s detekcí hmotnostním spektrometrem |
| <b>MATAI</b>      | matairesinol  |
| <b>MEDIO</b>      | medioresinol  |
| <b>MS</b>         | hmotnostní detekce  |
| <b>MUFA</b>       | mononenasyčené mastné kyseliny                                |
| <b>NMR</b>        | nukleární magnetická resonance                                |
| <b>PINO</b>       | pinoresinol   |
| <b>PUFA</b>       | vícenenasyčené mastné kyseliny                                |
| <b>SECO</b>       | secoisolariciresinol  |
| <b>SDG</b>        | secoisolariciresinol diglucoside                              |
| <b>SYRINGA</b>    | syringaresinol  |