

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BRNO 2015

MICHAELA DRÁBKOVÁ

Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta
Ústav chemie a biochemie



**Agronomická
fakulta**

**Mendelova
univerzita
v Brně**



Sója – funkční potravina
Bakalářská práce

Vedoucí práce:
prof. RNDr. Bořivoj Klejdus, Ph.D.

Vypracoval:
Michaela Drábková

Brno 2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: Sója – funkční potravina vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....
podpis

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych poděkovat panu prof. RNDr. Bořivoji Klejdusovi, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady při vypracování mé bakalářské práce. Současně bych chtěla poděkovat i své rodině a blízkým za podporu v průběhu celého studia.

ABSTRAKT

Potravinářský průmysl v poslední době zaznamenal rozsáhlý nárůst právě těch potravin, které jsou známé jako funkční potraviny. Tato bakalářská práce je zaměřena na sóju luštinatou jakožto plodinu, která obsahuje celou řadu biologicky aktivních látek s příznivými účinky na lidské zdraví. Díky přítomnosti prospěšných látek se sója řadí do kategorie uznávaných funkčních potravin. První část práce se zabývá charakteristikou funkčních potravin, důvody pro jejich vznik a vývoj a způsoby, kterými lze funkční potraviny rozdělovat. Další část práce se již věnuje sóji, jejímu chemickému složení a dopodrobna jsou zde charakterizovány fyziologicky účinné látky, které sója obsahuje. Poslední část práce pojednává o vlivech sóji na lidské zdraví, je zde zmíněna i alergie na sóju a zejména pak role sóji v prevenci některých chronických onemocnění.

Klíčová slova: funkční potraviny, biologicky aktivní látky, sója, fyziologické účinky, zdravotní přínosy

ABSTRACT

The food industry has lately experienced a significant growth in those foodstuffs known as functional foods. This bachelor's thesis focuses on soya bean as a crop that contains a number of biologically active substances with positive effects on the human body. Thanks to the presence of healthy substances, soya is considered to be a valuable functional food. The first part of the thesis deals with the characteristics of functional foods, the reasons for their genesis, development and the ways of classifying them. The following part is aimed at soya itself, its chemical composition and a thorough description of the physiologically impactful substances it contains. The last part of the thesis summarizes the effects of soya on human health, particularly its role in disease prevention, whilst allergy to soya is also mentioned.

Keywords: functional foods, biologically active substances, soya, physiological effects, health benefits

OBSAH

1	ÚVOD	9
2	CÍL PRÁCE	10
3	LITERÁRNÍ PŘEHLED	11
3.1	Funkční potraviny	11
3.1.1	Základní rozdíl mezi konvenčními a funkčními potravinami	11
3.1.2	Historie	11
3.1.3	Definice	12
3.1.4	Rozdíly mezi funkčními potravinami a léky	12
3.1.5	Složky funkčních potravin.....	14
3.1.6	Rozdělení funkčních potravin.....	14
3.1.7	Způsoby získávání.....	16
3.2	Funkční potraviny ve vztahu ke zdravotnímu stavu člověka.....	16
3.2.1	Výhody plynoucí z konzumace funkčních potravin	16
3.2.2	Biologická dostupnost.....	17
3.2.3	Některé významné účinné složky funkčních potravin	17
3.2.3.1	Probiotika, prebiotika, symbiotika	18
3.2.3.2	Antioxidanty	19
3.2.3.3	Vláknina	21
3.2.3.4	Složky tuků.....	22
3.2.3.5	Vybrané významné rostlinné látky	24
3.3	Sója jako funkční potravina	27
3.3.1	Charakteristika sóji.....	27
3.3.2	Chemické složení	27
3.3.3	Uznávaná funkční potravina	29
3.4	Fyziologicky účinné látky obsažené v sójových bobech.....	30
3.4.1	Fytoestrogeny.....	30

3.4.1.1	Isoflavony	31
3.4.1.2	Biologická dostupnost sójových isoflavonů	33
3.4.1.3	Kumestany a lignany	35
3.4.1.4	Mechanismus účinku fytoestrogenů.....	35
3.4.2	Kyselina fytová	37
3.4.3	Saponiny	38
3.4.4	Biologicky aktivní proteiny a peptidy	39
3.4.4.1	Inhibitory proteáz.....	40
3.4.4.2	Lektiny.....	41
3.4.4.3	Lunasin	42
3.4.5	Fytosteroly	42
3.4.6	Lecitin.....	43
3.4.7	Vitamin E.....	43
3.5	Sója a její vliv na zdraví člověka	44
3.5.1	Sója jako alergen.....	44
3.5.1.1	Prevalence, prahová hodnota a příznaky.....	45
3.5.1.2	Vývoj hypoalergenních sójových výrobků.....	45
3.5.2	Zdravotní přínosy	46
3.5.2.1	Kardiovaskulární onemocnění	46
3.5.2.2	Rakovina.....	47
3.5.2.3	Osteoporóza	48
3.5.2.4	Menopauza.....	48
4	ZÁVĚR	49
5	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	50
6	SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	59
7	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	60

1 ÚVOD

Ve vyspělých zemích s vysokou životní úrovní, kde mají lidé lepší přístup k širokému spektru potravin, se značně mění i stravovací zvyklosti, ne vždy však zcela k lepšímu. Nevyváženost v příjmu a výdeji energie má za následek zvýšený výskyt chronických onemocnění. Jelikož je snadnější nemocem předcházet než je léčit, zrodil se v 80. letech 20. století v Japonsku systém výživy, který podporuje prevenci chorob. Systém výživy zahrnující funkční potraviny se začal velmi rychle šířit napříč vyspělými zeměmi. Na rozdíl od konvenčních potravin, které ve výživě člověka plní především nutriční a sensorickou funkci jsou funkční potraviny zaměřeny hlavně na funkci fyziologickou. Funkční potraviny lze rozdělit na takové potraviny, u nichž jsou příznivé účinky na organismus stále zkoumány a na funkční potraviny, u nichž jsou přínosy pro lidské zdraví již ověřeny. Sója a výrobky z ní bývají odborníky zařazovány právě do kategorie funkčních potravin s ověřenými zdravotními přínosy.

Sója luštinatá [*Glycine max* (L.) Merrill] je kulturní rostlina pocházející z Asie. V současné době je považována za nejvýznamnější a nejrozšířenější luskovinu na světě. Sója představuje dobrý zdroj bílkovin, vlákniny a různých biologicky aktivních látek. Pro sóju je charakteristická přítomnost fytoestrogenů takových jako jsou isoflavony a v menším množství pak i kumestany a lignany. Kromě těchto látek sója obsahuje i další sloučeniny s významnými fyziologickými účinky. Mnohé z nich jsou považovány laickou veřejností čistě jen za látky antinutriční, než že by byly vnímány jako složky s potenciálními preventivními účinky proti závažným chronickým onemocněním. V řadě studií se však ukázalo, že látky obsažené v sóji mohou opravdu vykazovat preventivní účinky proti některým onemocněním. Velmi často je konzumace sóji spojována se snížením rizika kardiovaskulárních onemocnění, osteoporózy, některých druhů rakoviny a do jisté míry díky přítomnosti fytoestrogenních látek může zmírnit i příznaky menopauzy u žen.

Stejně jako je tomu u většiny ostatních účinných složek funkčních potravin, tak i u složek sóji se mohou pozitivní účinky promítnout na zdravotním stavu až po dlouhodobé konzumaci. Nejen sója, ale i ostatní funkční potraviny se tak stávají příslibem lepší a zdravější budoucnosti ve smyslu uplatnění jejich preventivních účinků proti celé řadě onemocnění.

2 CÍL PRÁCE

Cílem této bakalářské práce je vypracovat literární rešerši na téma "Sója – funkční potravina“ a využít k sepsání této práce odbornou českou i zahraniční literaturu. Při psaní práce je důležité se zaměřit na charakteristiku funkčních potravin a způsoby jejich rozdělení a dále také vystihnout jejich význam ve výživě člověka. Jelikož je práce zaměřena primárně na sóju, je nezbytné vypracovat přehled o jejím složení a zaměřit se konkrétně na fyziologicky účinné látky, které vykazují podstatné účinky na lidský organismus. Jedním z cílů je také objektivně posoudit význam sóji ve vztahu ke zdravotnímu stavu člověka.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Funkční potraviny

3.1.1 Základní rozdíl mezi konvenčními a funkčními potravinami

Funkční potraviny jsou nazývány funkčními, protože se od nich očekává plnění nějaké funkce v lidské výživě. Potraviny přijímané organismem plní tři základní funkce, které vyplývají z jejich vlastností. Nutriční vlastnosti podmiňují primární, nutriční funkci, senzorycké sekundární, senzoryckou funkci a terciární, fyziologická funkce je závislá na nutričních vlastnostech jednotlivých složek potraviny, respektive potravinářské suroviny. Konvenční potraviny jsou zaměřeny hlavně na plnění nutriční a senzorycké funkce, kdežto funkční potraviny kladou důraz právě na funkci fyziologickou. Fyziologická funkce spočívá v regulaci ochranných mechanismů a fyzické kondice a prevenci chorob a stárnutí (Kohout, 2010).

3.1.2 Historie

Myšlenka funkčních potravin se zrodila poprvé v 80. letech 20. století v Japonsku. Důvody vzniku a vývoje takovýchto potravin byly vcelku jednoduché. V Japonsku, ale i v ostatních vyspělých zemích se lidé dožívají vyššího věku a v populaci se tak zvyšuje podíl seniorů. Tato populační skupina je však více náchylná k různým onemocněním a dochází tak i ke zvyšování nákladů na následnou zdravotní péči. Právě z tohoto důvodu se zrodil systém výživy zahrnující funkční potraviny, které by měly pomáhat nemocem předcházet. Jednodušší je se určité chorobě vyvarovat, než ji léčit. Systém výživy, který podporuje prevenci chorob, se začal velmi rychle šířit ve všech vyspělých zemích (Kohout, 2010).

Na počátku 90. let, kdy organizace ILSI (International Life Science Institute) představila projekt známý pod zkratkou FUFOSE (Functional Food Science in Europe) Evropské komisi (EC) se začalo mezi nutričními experty velmi intenzivně diskutovat o pojetí funkčních potravin. Projekt byl zahájen v roce 1995 a trval cca 3 roky. Po tuto dobu asi 100 evropských expertů na výživu hodnotilo status funkčních potravin a zabývalo se vědeckým zdůvodněním používaných zdravotních tvrzení. V roce 1999 se pod vedením ILSI uskutečnila diskuze mezi evropskými odborníky na výživu. Předmětem diskuze byly právě funkční potraviny a jejím výsledkem bylo přijetí konsensu

„Scientific Concepts of Functional Food in Europe“ jehož součástí bylo i přijetí pracovní definice pro funkční potraviny (Winklerová, 2009). V německém Karlsruhe se v roce 2000 konala celosvětová konference s názvem „Funkční potraviny – výzvy nového tisíciletí.“ Výsledkem této konference bylo desatero zásad pro vědce, zákonodárce, výrobce, obchodníky a spotřebitele (Kalač, 2003). Projekt EU PASSCLAIM (Process for the Assessment of Scientific Support for Claims on Foods), koordinovaný ILSI-Europe, vyvíjel potřebné pracovní nástroje a metody pro zdůvodnění zdravotních požadavků, především na funkční potraviny. To se stalo důležitou součástí evropské legislativy v oblasti nutričních a zdravotních požadavků na potraviny tohoto druhu (Eufic, 2003).

3.1.3 Definice

Definice funkčních potravin je stále spornou otázkou. Bylo zformulováno mnoho různých charakteristik funkčních potravin, avšak jako nejsrozumitelnější se jeví Goldbergovo vymezení z roku 1994, které říká, že funkční potravina je jakákoli potravina, která má kromě výživové hodnoty příznivý účinek na zdraví konzumenta, jeho fyzický či duševní stav. Je to potravina vyrobená z přirozeně se vyskytujících složek, nikoli kapsle, tableta nebo prášek. Zároveň by tato potravina měla být nedílnou součástí denní stravy. Nejedná se tedy o tzv. potravní doplňky vitaminů, stopových prvků ani přirozených antioxidantů a jiných látek řazených mezi nutraceutika, protože právě ta se mohou podávat v podobě typické pro léky, a to v tabletách, kapslích, extraktech apod.

Konzumací funkčních potravin jsou ovlivňovány některé pochody v organismu. Jedná se zejména o posilování přirozených obranných mechanismů proti škodlivým vlivům prostředí, preventivní působení proti nemocím, příznivé ovlivňování fyzického a duševního stavu a zpomalování procesu stárnutí (Kalač, 2003). Potraviny však mohou být označeny jako funkční jen v případě, že u nich byly provedeny klinické studie, jejichž prostřednictvím byl prokázán pozitivní účinek na zdraví konzumenta (Suchánek, 2003).

3.1.4 Rozdíly mezi funkčními potravinami a léky

Funkční potraviny jsou považovány za subjekt, který leží někde mezi léky a konvenčními potravinami. Podobnost funkčních potravin s léky nebo s běžnými potravinami je odvislá od různých způsobů chápání jejich aplikace ve výživě člověka (Mattila-Sandholm, Saarela, 2003c). Funkční potraviny, ale v žádném případě nejsou léky. Tyto potraviny nekonzumujeme za účelem léčení propuknuté choroby, nýbrž proto,

abychom příznivě ovlivnili přechodný stav mezi zdravím a nemocí. Jejich základním posláním je tedy preventivní působení proti nemocem, ne jejich léčba. Dalším velkým rozdílem mezi funkčními potravinami a léky je doba, po níž se projeví jejich příznivé účinky. U léků jsou to většinou dny až měsíce, u funkčních potravin to však mohou být až desítky let (Kalač, 2003).

Tab. 1 Doba, po níž se projeví účinky složek funkčních potravin (Kalač, 2003)

Prevence chorob	Účinné složky	Počátek účinku (+)		
		Krátkodobá (týdny)	Střednědobá (měsíce až roky)	Dlouhodobá (20-30 let)
Srdečně-cévní				
prevence	peptidy			+
prevence	fytoosteroly			+
prevence	probiotika	+	+	+
prevence	kyselina listová			+
prevence	antioxidanty			+ (?)
- snížení krevního tlaku	peptidy	+		
- snížení krevního cholesterolu	např. fytoosteroly	+		
- snížení krevních triacylglycerolů	probiotika	+	+	+
Rakovina	antioxidanty			+
Osteoporóza	vápník, fytoestrogeny			+

Z tabulky vyplývá, že funkční potraviny obsahující uvedené účinné složky musí být konzumovány dlouhodobě, aby se projeví požadované pozitivní účinky těchto složek na organismus člověka. U některých je dosaženo požadovaného výsledku již po

krátkodobém příjmu. Pro udržení žádoucích účinků je však nezbytné pokračovat v příjmu těchto potravin dlouhodobě. Příkladem mohou být fytoosteroly, které snižují hladinu krevního cholesterolu nebo peptidy mléka snižující krevní tlak (Kalač, 2003).

Funkční potraviny jsou tedy svou podstatou stále potravinami, a proto je nutné je od léčiv správně odlišit. Podle Codex Alimentarius, což je souhrn mezinárodně uznávaných potravinových standardů, je potravina jakákoliv látka v původním stavu nebo zpracovaná, která je určena k lidskému konzumu, včetně nápojů, žvýkaček a jakýchkoliv látek, které byly použity při výrobě a zpracování dané potraviny, nepatří sem však kosmetické nebo tabákové výrobky nebo látky používané výlučně jako léčiva (Komprda, 2003). Naproti tomu podstatou definice léku je, že jde o jakýkoliv subjekt, který je určen pro použití v diagnostice, léčbě, zmírnění nebo prevenci daného onemocnění u člověka nebo zvířat (Wildman, 2007c).

3.1.5 Složky funkčních potravin

Složkou, díky níž je potravina považována za funkční, může být buď nepostradatelná makro-živina se specifickým fyziologickým účinkem (např. rezistentní škrob, n-3 PUFA n-3) nebo nepostradatelná mikro-živina konzumovaná v množství, které přesahuje denní doporučené množství. Dále to může to být i složka, která nemusí být nutně klasifikována jako nepostradatelná, např. některé oligosacharidy. Někdy dokonce i složka bez nutriční hodnoty, jako například některé chemické sloučeniny rostlinných tkání (Komprda, 2003).

3.1.6 Rozdělení funkčních potravin

Funkční potraviny lze celkově rozdělit do tří kategorií:

- Běžné potraviny, u nichž je ale podmínkou přítomnost přírodních bioaktivních látek. Do této skupiny patří většina ovoce a zeleniny, ale také obiloviny, mléčné výrobky, ryby a maso obsahující bioaktivní sloučeniny, které poskytují jisté benefity nad rámec základní výživy. Příkladem mohou být antioxidantní vitamíny v pomerančovém džusu nebo isoflavony v potravinách vyrobených ze sóji.
- Pozměněné potraviny, které obsahují bioaktivní látky díky obohacování nebo fortifikaci. Zde jsou příkladem PUFA n-3 v margarinech apod.

- Syntetizované potravinové složky, které nejsou vstřebávány trávicím traktem. Jde o prebiotika, která mají povahu oligosacharidů nebo rezistentních škrobů (Crowe, Francis, 2013).

Z praktického hlediska tedy funkční potravina může být:

- přírodní potravina
- potravina, do níž byla určitá složka přidána
- potravina, ze které byla nějaká složka odstraněna, nebo u níž byla povaha jedné nebo více složek upravena
- taková potravina, u níž byla upravena biologická dostupnost jedné nebo více složek
- jakákoliv kombinace těchto možností (Gibson, Williams, 2000).

Funkční potraviny lze dělit z různých hledisek, můžeme je například rozdělit i podle toho, zda působí na organismus přímo, nebo jen zprostředkovaně.

a) Přímé působení:

- Funkční potraviny vytvářejí vhodné a zdravé prospěšné prostředí v trávicím traktu.
- Snižují koncentraci cholesterolu v krvi a zlepšují kardiovaskulární kondici.
- Snižují krevní tlak a riziko tvorby zubního kazu.
- Zvyšují schopnost absorpce minerálních látek v zažívacím traktu a jejich následné využití.

b) Nepřímé působení:

- Posilování a stimulace orgánů k lepší funkci.
- Podpora pocitu dobré tělesné kondice.
- Prevence vzniku chronických neinfekčních onemocnění – civilizačních chorob (Suchánek, 2003).

Mezi nejznámější funkční potraviny se řadí různé kysané mléčné výrobky (probiotické jogurty, kefir, acidofilní mléko), speciální tuky a dále výrobky se zvýšeným obsahem rozpustné vlákniny, jako jsou výrobky z ovesa, cereální kaše atd. Velké množství ovoce, zeleniny a obilovin obsahuje specifické složky, které tyto potraviny řadí mezi přirozeně funkční potraviny. Patří sem např. česnek, zelený čaj, brokolice, sója, citrusové plody, lněné semínko, cereálie a výrobky z nich (Keresteš, 2011).

3.1.7 Způsoby získávání

Funkční potraviny jsou přirozené potraviny, které mohou být vyrobeny různými postupy, vždy však u nich musí být zachován charakter potraviny. Nesmí se tedy jednat o potravinové doplňky. Způsoby získávání funkčních potravin jsou:

- Snížení nebo zvýšení obsahu specificky působících nutričních látek v potravinách rostlinného původu, a to díky určitým biotechnologickým prostředkům nebo speciálním podmínkám při pěstování a šlechtění.
- Snížení nebo zvýšení obsahu určitých nutričně prospěšných látek u potravin živočišného původu způsobem chovu, šlechtěním nebo krmením.
- Obohacování potravin specificky působícími látkami.
- Úprava potravin technologickými nebo biotechnologickými postupy tak, aby došlo v těchto potravinách ke snížení takových látek, které mají negativní vliv na zdraví.
- Úprava potravin enzymovými, chemickými nebo technologickými prostředky, kdy cílem této úpravy je změna biologické dostupnosti některých látek (Kopřiva, 2014).
- Náhrada jedné složky jinou složkou s žádoucími příznivými vlastnostmi (Howlett, 2008).

3.2 Funkční potraviny ve vztahu ke zdravotnímu stavu člověka

3.2.1 Výhody plynoucí z konzumace funkčních potravin

Ve vyspělých zemích, kde je vysoká životní úroveň a lepší přístup k širokému spektru potravin se zvyšuje i délka života obyvatelstva. Dochází však k celkové změně ve stravovacích návycích a zároveň klesá výdej energie se snižující se fyzickou aktivitou. Právě tyto změny jsou příčinou nevyváženosti v příjmu a výdeji energie, což má za následek zvýšený výskyt nadváhy a obezity ve světě a s tím souvisejících chorob. Zvyšuje se výskyt chronických chorob, jako je zvýšený krevní tlak, kardiovaskulární onemocnění a diabetes mellitus 2. typu. Je zřejmé, že způsob životního stylu, strava a fyzická nečinnost dohromady hrají velkou roli ve zvyšujícím se výskytu těchto chorob. Úspěšné kroky ke snížení jejich výskytu jsou založeny na nalezení správné rovnováhy mezi těmito třemi faktory. To vede k poznání, že strava může významně přispět k dlouhodobému zdraví a pohodě člověka, a to nejen na úrovni základní výživy (Howlett, 2008).

Projekty FUFOSÉ a PASSCLAIM přezkoumaly jakým způsobem a do jaké míry může složení stravy ovlivňovat lidské zdraví a pohodu člověka. Výsledkem byly základní charakteristiky potravin vypovídající o jejich funkčnosti.

Funkční potraviny mohou ovlivňovat:

- časný vývoj a růst
- energetickou rovnováhu a tělesnou hmotnost
- kardiovaskulární funkce
- intestinální funkce – střevní mikroflóru
- duševní stav a výkonnost
- fyzickou výkonnost a kondici
- a mohou také působit jako ochrana proti oxidačnímu stresu (Howlett, 2008).

3.2.2 Biologická dostupnost

Funkční potraviny mají blahodárny dopad na zdraví právě tehdy, když jsou významné látky v nich obsažené (např. vitaminy, minerální látky a další bioaktivní složky) správně v těle využity. V souvislosti s tím mluví odborníci na výživu o tzv. biologické dostupnosti biologicky aktivních sloučenin, tj. účinné vstřebání těchto sloučenin a jejich využití cílovými orgány (Chadwick, 2003).

Biologickou dostupnost charakterizují tři kroky:

1. absorpce
2. tkáňová distribuce
3. funkční důsledky absorpce.

Absorpční a transportní procesy mnoha biologicky aktivních látek přítomných v potravinách jsou velmi složité, a ne vždy je přesně známý mechanismus jejich účinků na organismus (Johnson, Williamson, 2003).

3.2.3 Některé významné účinné složky funkčních potravin

V poslední době roste zájem spotřebitelů o potraviny obsahující fyziologicky aktivní složky. Během několika posledních let byla identifikována celá řada bioaktivních látek. Jedná se zejména o sekundární metabolity rostlin, které byly ignorovány až do doby, kdy byly poprvé zjištěny jejich potenciální účinky na metabolismus. Například bylo zjištěno, že flavony chrání před onemocněním srdce a fytoestrogeny ze sóji proti rakovině. Mnoho

významných bioaktivních látek se nachází v takových potravinách, jako jsou ryby, káva, víno, ovoce a zelenina (Pang et al., 2012).

3.2.3.1 *Probiotika, prebiotika, symbiotika*

Složení střevní mikroflóry je alfou a omegou správného fungování střev, neboť její správná skladba je velmi důležitá pro imunitní systém (Suchánek, 2003). Střevní mikroflóra má velkou metabolickou aktivitu a významně ji ovlivňuje i složení stravy. Většinu tvoří anaerobní bakterie, pouze asi 1 % je tvořeno aerobními (*Escherichia coli*). Bakterie se nacházejí zejména v konečné části trávicího traktu, tedy v tlustém střevě (Klimešová, Stelzer, 2013).

Probiotika jsou životaschopné bakterie přidávané do potravin. Tyto bakterie musí být schopné přežít průchod zažívacím traktem a zároveň mít příznivý vliv na konzumenta (Mann, Truswell, 2007). Nejčastěji jsou zkoumány a zároveň používáni zástupci bakterií mléčného kvašení, zvláště pak rody *Lactobacillus* a *Bifidobacterium*. Rod *Lactobacillus* se dlouhodobě využívá při výrobě fermentovaných mléčných výrobků. Kromě těchto dvou rodů jsou zkoumány i další mikroorganismy s podobnými účinky (Picková, 2010).

Probiotická mikroflóra by měla splňovat následující požadavky:

- Kmeny by měly být lidského původu.
- Měly by být schopné přežít v zažívacím traktu a ulpívat na střevním epitelu.
- Účinky na zdraví musí být ověřeny a zdokumentovány.
- Technologické a senzorické vlastnosti musí být kompatibilní s použitím v daných potravinách (Chadwick, 2003).

Jako prebiotikum lze označit nestravitelnou složku potravin, která selektivně stimuluje růst nebo metabolickou aktivitu jednoho nebo více bakteriálních druhů ve střevě a zlepšuje tak zdraví hostitele. Jedná se většinou o oligosacharidy nebo polysacharidy (Klimešová, Stelzer, 2013). Oligosacharidy, které se používají jako prebiotika se dělí na přirozené a syntetické. Nejvýznamnějším představitelem přirozených oligosacharidů je inulin.

Termínem symbiotika se rozumí současný přírůstek probiotik i prebiotik do jednoho výrobku. Princip: vhodná bakterie má k dispozici vhodný substrát, který bude selektivně fermentovat v tlustém střevu. Tím se zvyšuje šance této bakterie prosadit se v konkurenci s přirozenou mikroflórou (Kalač, 2003).

Mlékárenský průmysl hraje v posledních několika letech velmi významnou roli ve vývoji funkčních potravin. Důkazem je mnoho funkčních mlékařských výrobků, do kterých jsou přidávána probiotika, prebiotika, bioaktivní peptidy a mnoho dalších funkčních složek mléčného, ale i nemléčného původu (Picková, 2010).

3.2.3.2 Antioxidanty

Antioxidanty jsou významnými účinnými složkami některých funkčních potravin. Chrání organismus před působením velmi reaktivních kyslíkových radikálů. Takovéto radikály mají negativní účinek na zdraví a mohou se stát příčinou některých onemocnění nebo nádorů (Suchánek, 2003).

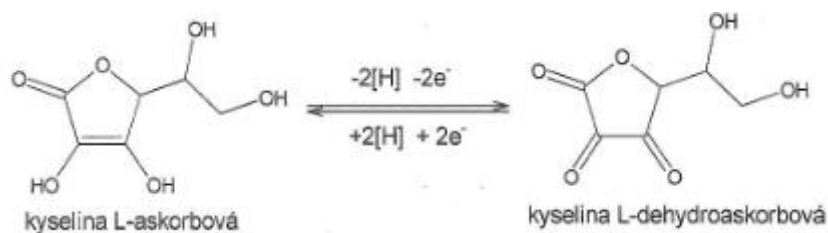
Volné radikály vznikají v našem organismu jako vedlejší produkt látkové výměny v buňkách. Takto vzniklé radikály jsou vysoce nestabilní a rychle reagují s okolními molekulami a vyvolávají tzv. oxidační proces (Jordán, Hemzalová, 2001). Pokud jsou vzniklé volné radikály v nadbytku, nebo pokud byl přirozený ochranný antioxidační systém v organismu z nějakého důvodu oslaben, má to za následek tzv. oxidační stres, jehož důsledkem je vznik určitého onemocnění. Příkladem onemocnění vzniklého působením volných radikálů je např. onemocnění srdce nebo rakovina. Oxidace lipoproteinů o nízké hustotě je považována za první krok v procesu vzniku aterosklerózy, která vede ke vzniku kardiovaskulárních chorob. Oxidační poškození DNA zase iniciuje vznik rakoviny (Cadenas, Packer, 2002).

Dostatečný příjem přírodních antioxidantů v potravinách má tudíž velký význam pro ochranu významných makromolekul (cholesterol, nukleové kyseliny, atd.) před oxidačním poškozením (Stratil et al., 2006). Mezi nejdůležitější antioxidanty patří vitamin C, vitamin E, β -karoten (provitamin vitaminu A), selen, měď, mangan a zinek, dále flavonoidy, karotenoidy a některé další látky (Jordán, Hemzalová, 2001).

Vitamin C

Vitamin C (kyselina askorbová) patří mezi vitaminy rozpustné ve vodě. Projevem nedostatku tohoto vitaminu jsou kurděje (skorbut). Kyselina askorbová je donorem elektronů, a právě tato vlastnost z ní dělá redukční činidlo a antioxidant (Cadenas, Packer, 2002). Jako redukční činidlo a antioxidant má několik funkcí: redukce peroxidů, vychytávání volných radikálů, zábrana oxidace LDL, regenerace tokoferolu

z tokoferoxylového radikálu, a v neposlední řadě je součástí jaterních mikrozomálních enzymů, jejichž úkolem je hydroxylace léčiv a toxických látek (Komprda, 2008).



Obr. 1 Kyselina askorbová – donor elektronů (Komprda, 2008)

Vitamin E

Významným v tučích rozpustným antioxidantem je vitamin E. Poprvé byl izolován z oleje z pšeničných klíčků. Termín vitamin E je vlastně společným výrazem pro osm sloučenin: α -, β -, γ - a δ -tokoferol a α -, β -, γ - a δ -tokotrienol (Johnson, Williamson, 2003). Tokoferoly mají nasycený postranní řetězec a tokotrienoly nenasycený. Jednotlivé formy vitaminu E se liší svojí biologickou aktivitou, přičemž α -tokoferol vyskytující se v lidské krvi a tkáních se vyznačuje největší biologickou aktivitou ze všech tokoferolů a tokotrienolů (Cadenas, Packer, 2002).

Vitamin E tlumí oxidační pochody v buňkách, a tak přispívá k mladistvému vzhledu, brání oxidaci LDL, působí preventivně proti rakovině, snižuje riziko vzniku šedého zákalu, snižuje srážlivost a rozpouští krevní sraženiny. Významný je i tím, že snižuje riziko vzniku infarktu myokardu a náhlých mozkových příhod, a působí preventivně proti Alzheimerově nemoci (Mindell, Mundis, 2010). Nejvýznamnějším zdrojem tohoto vitaminu je olej z pšeničných klíčků a sójový olej (Komprda, 2003). Doporučený denní příjem vitaminu E pro dospělého člověka je 10-15 mg, ale pro účinnou ochranu proti srdečně-cévním chorobám musí být příjem daleko vyšší, uvádí se 40-60 mg (Kalač, 2003).

Karotenoidy

Karotenoidy jsou přírodní barviva, která velmi účinně odstraňují singletový kyslík a tím zamezují tvorbě hydroperoxydů (Benešová, 2000). V přírodě bylo identifikováno více než 600 různých karotenoidů. Některému ovoci a zelenině dodávají sytě červenou, oranžovou nebo žlutou barvu. Rozdělují se na karoteny a žluté xanthofyly, které obsahují

kyslík (např. violaxanthin, zeaxanthin, fukoxanthin, lutein). Přestože existuje takové velké množství karotenoidních barviv, lidský organismus umí využít jen šest z nich, jsou to β -karoten, α -karoten, lutein, lykopen, kryptoxanthin a zeaxanthin. β -karoten je provitaminem vitamínu A. Některé karotenoidy brání poškození oční čočky a snižují tak riziko katarakty (šedý zákal). Karotenoidy mohou také chránit před některými druhy rakoviny (Jordán, Hemzalová, 2001).

Fenolické antioxidanty

Chemicky pestrou a velmi obsáhlou skupinou rostlinných antioxidantů jsou látky, které se vyznačují přítomností několika fenolických skupin. Řadí se sem fenoly, fenolické kyseliny a jejich estery a glykosidy, lignany, flavonoidy, katechiny a některé třísloviny. Tyto látky jsou stále předmětem výzkumu, ať už jde o jejich výskyt, stabilitu nebo přesné určení jejich účinků na organismus. Například flavonoidy se vyznačují antioxidačními účinky dvojího typu: jednak reagují s volnými radikály a jednak váží rizikové kovy do neúčinných komplexů. Mezi flavonoidy patří i rutin. Ten se vyznačuje příznivými účinky na pružnost a propustnost krevních kapilár a zvyšuje využitelnost vitamínu C z potravy. Bohatým zdrojem rutinu je pohanka (Kalač, 2003).

3.2.3.3 Vláknina

Zdrojem vlákniny jsou pouze potraviny rostlinného původu, neboť živočišné potraviny vlákninu neobsahují. Právě rostlinné potraviny jsou kromě vlákniny bohaté i na mnoho dalších preventivních výživových složek (Kunová, 2004). Všechny polysacharidy, které nejsou využitelné v trávicím traktu lze považovat za vlákninu. Jde o přirozené polysacharidy obsažené v potravinách rostlinného původu, ale i o nevyužitelné sacharidy, které se přidávají do různých výrobků, kdy primárním cílem tohoto přídavku je úprava konzistence či schopnosti vázat vodu. Tato skupina zahrnuje polysacharidy řas a mikroorganismů a tzv. modifikované škroby a celulózy (Kalač, 2003).

Podle rozpustnosti ve vodě lze vlákninu rozdělit na rozpustnou a nerozpustnou. Rozpustná vláknina ovlivňuje hladinu cukru v krvi a některé druhy vlákniny, jako například ovesné beta-glukany i hladinu krevního cholesterolu. Rozpustná vláknina vytváří v žaludku viskózní roztok, zpomaluje jeho vyprázdnění a důsledkem toho je prodloužení pocitu nasycení (Kunová, 2004). Nerozpustnou vlákninu tvoří celulóza, část

hemicelulóz a lignin. U dospělých osob je doporučovaný denní příjem vlákniny 30-40 g, přičemž podíl nerozpustné a rozpustné vlákniny by měl být v poměru 3 : 1 (Kalač, 2003).

Tab. 2 *Vlivy vlákniny na lidský organismus* (Kalač, 2003)

Účinky	Nerozpustná vláknina	Rozpustná vláknina
Zpevňování zubů a prevence zubního kazu	+++	0
Snížení přijímané energie	+++	+++
Omezení pocitu hladu	+	+++
Snížení hladiny glukosy v krvi	+	+
Snížení hladiny krevního cholesterolu	0	+++
Vyvázení toxických složek tráveniny	+	+
Podpora činnosti střev	+++	+
Urychlení průchodu tráveniny střevním traktem	+++	0
Žádoucí fermentace v tlustém střevu	0	+++

0...bez účinku; +...slabý příznivý vliv; ++...zřetelný příznivý vliv; +++...velmi výrazný příznivý vliv

3.2.3.4 *Složky tuků*

Nenasycené mastné kyseliny

Nenasycené mastné kyseliny lze rozdělit na mononenasyčené mastné kyseliny (MUFA) a polynenasycené mastné kyseliny (PUFA). PUFA se dále dělí na dvě řady, a to na PUFA n-6 a n-3. Většina přírodních nenasycených mastných kyselin je v cis-konfiguraci. Nenasycené mastné kyseliny v trans-konfiguraci jsou obvykle výsledkem procesu průmyslové hydrogenace, ale mohou vznikat také přirozeně, a to působením mikroflóry v bacheru přežvýkavců.

Většina mastných kyselin je neesenciálních. Za esenciální pro lidský organismus se považuje kyselina linolová (C 18:2n-6) a kyselina α -linolenová (C 18:3n-3). Organismus člověka je schopen pomocí enzymů elongáz a desaturáz syntetizovat z obou těchto kyselin další významné metabolity. Kyselina linolová je prekurzorem pro vznik kyseliny arachidonové (AA; C 20:4n-6), zatímco z kyseliny α -linolenové jsou syntetizovány kyseliny eikosapentaenová (EPA; C 20:5n-3) a dekosahexaenová (DHA; C 22:6n-3) (Watson et al., 2010).

PUFA ovlivňují činnost a funkční stav cév, z toho plyne, že mají svůj jistý podíl v procesu atherogeneze. V konečném důsledku tedy mohou ovlivňovat vznik srdečně-cévních onemocnění. Z PUFA řady n-6 vznikají eikosanoidy, které působí prozánětlivě, vazokonstrikčně a způsobují agregaci trombocytů, zatímco z řady n-3 vznikají eikosanoidy, které naopak působí protizánětlivě, vasodilatačně a proti shlukování trombocytů (Komprda, 2003). Polynenasycené mastné kyseliny řady n-3 pomáhají stabilizovat elektrickou aktivitu srdce a tak také snižují možnost rozvoje arytmií, mají i mírný vliv na snižování krevního tlaku. Redukují hladinu triglyceridů, tudíž také snižují množství malých částecek LDL (Matten, Goggins, 2013).

Pokud je ve stravě člověka příliš vysoký příjem kyseliny linolové a na druhé straně nízký až nedostatečný příjem kyseliny α -linolenové (hojně obsažena v rybím tuku), tak dochází k nevyvážené tvorbě eikosanoidů. Takže zatímco kyselina arachidonová vzniklá z kyseliny linolové v organismu konvertuje na látky podporující tvorbu zánětu, EPA a DHA vzniklé z kyseliny α -linolenové naopak bojují proti zánětlivému procesu. Z toho plyne, že při dostatečném příjmu PUFA řady n-3 bude aktivita kyseliny arachidonové potlačována. To je hlavním důvodem, proč se doporučuje vysoká konzumace mořských ryb, které jsou na EPA a DHA bohaté (Komprda, 2009; Matten, Goggins, 2013).

Fytosteroly a fytostanoly

Fytosteroly a fytostanoly jsou látky rostlinného původu. Fytostanoly jsou v přírodě méně zastoupeny. Fytosteroly jsou strukturou velmi podobné cholesterolu, avšak mají velmi rozdílné účinky na lidské zdraví. Organismus člověka nedokáže tyto látky syntetizovat, a proto je musí přijímat v potravě (Mandžuková, 2005). Je známo již více než dvě stě fytosterolů, přičemž β -sitosterol, kampesterol a stigmasterol jsou nejběžnější. Pokud jsou fytosteroly přijímány v dostatečném množství (cca 2 g za den), tak se v důsledku toho sníží vstřebávání cholesterolu z tenkého střeva, dojde tedy k jeho poklesu v krevním séru (Kalač, 2003). Každodenní příjem fytosterolů potravinami by měl být 1-3 g, aby bylo snížení cholesterolu znatelné (Gibson, Williams, 2000).

Steroly a stanoly jsou obsaženy hlavně v rostlinných olejích. Nejvíce jich obsahuje řepkový, sezamový, kukuřičný a olivový olej (Mandžuková, 2005). V druhé polovině devadesátých let se na trhu objevily funkční potraviny obohacené fytosteroly. Jedná se zejména o tukové pomazánky, margariny a majonézy (Kalač, 2003). V ČR je zatím na

trhu jen jediný výrobek obohacený rostlinnými steroly, a to Flora pro.activ (Suchánek, 2003).

3.2.3.5 *Vybrané významné rostlinné látky*

Kyselina listová

Velmi významným ve vodě rozpustným vitaminem je kyselina listová (kyselina pteroylglutamová). Poprvé byla izolována v roce 1941 z listů špenátu. Pro kyselinu listovou a její deriváty se většinou používá souhrnný název foláty. Na nedostatku tohoto vitaminu se může podílet několik faktorů, např. nevyvážená strava, snížená absorpce u celiaků nebo farmakologická léčba (antagonisty folátů jsou např. antikonvulziva). V posledních několika letech je kyselině listové věnována velká pozornost, neboť bylo zjištěno, že hraje významnou roli v prevenci nervových poruch a také v prevenci kardiovaskulárních onemocnění a některých druhů rakoviny.

Deficit kyseliny listové je velmi nebezpečným faktorem pro těhotné ženy, protože může být příčinou vzniku vrozených vad u dítěte (nejčastěji rozštěp páteře nebo anencefalie). Foláty podporují také syntézu nukleových kyselin, takže při jejich nedostatku dochází k poruchám při buněčném dělení (Salter et al., 2012). Vitaminy kyselina listová, B₆ a B₁₂ společně snižují riziko vzniku srdečních onemocnění tak, že snižují hladinu homocysteinu v krevní plazmě (Suchánek, 2003). Epidemiologické studie dokazují, že zvýšená hladina aminokyseliny homocysteinu v plazmě nad 14 μmol/l se stává rizikovým faktorem pro kardiovaskulární onemocnění a mrtvici. Mezi potraviny bohaté na kyselinu listovou patří zejména zelená listová zelenina, játra, kvasnice, luštěniny a některé druhy ovoce (Salter et al., 2012).

Tab. 3 Doporučený denní příjem kyseliny listové podle věkových skupin
(Salter et al., 2012)

Skupina	µg/den
Kojenci a děti	
0-6/6-12 měsíců	65/80
1-3 roky	150
4-8 let	200
Dospívající	
9-13 let	300
14-18 let	400
Dospělí (>19 let)	400
Těhotné ženy	600

Glukosinoláty

Výskyt glukosinolátů je typický pro rostliny patřící do čeledi brukvovité. Jejich hlavním zdrojem ve stravě člověka je tedy košťálová zelenina (např. zelí, kapusta, kedluben, brokolice) a různé druhy koření (hořčice, křen). Bylo identifikováno více než 120 různých glukosinolátů, všechny obsahují síru. Glukosinoláty fungují jako přírodní pesticidy, vyskytují se v celé rostlině, avšak jejich koncentrace se může v jednotlivých tkáních značně lišit. Za normálních podmínek jsou stabilní, ale pokud dojde k mechanickému poškození buněčné struktury, například krájením nebo žvýkáním, začne se z intracelulárních vakuol uvolňovat enzym myrosináza, který hydrolyzuje glukosinoláty za vzniku produktů rozkladu. Významné jsou isothiokyanáty, jde o látky, které jsou hlavní příčinou ostré chuti a štiplavého aroma hořčice, ředkviček a některé další zeleniny (Johnson, Williamson, 2003).

Glukosinoláty mají v povědomí veřejnosti nevalnou pověst, protože bývají spojovány se strumigenními účinky na organismus, kdy dojde k narušení funkce štítné žlázy. Příčinou je glukosinolát progoitrin, jehož je však v zelenině jen velmi málo, takže toto riziko nehrozí (Kastnerová, 2012). V posledních několika letech se však zájem o glukosinoláty zvyšuje, neboť mnohé epidemiologické studie dokazují, že vysoká spotřeba brukvovité zeleniny je spojena s preventivním působením proti některým druhům rakoviny (Johnson, Williamson, 2003). Glukosinoláty poskytují ochranu proti

rakovině tlustého střeva, konečníku, žaludku, prsu a plic. Optimální příjem těchto látek nebyl dosud stanoven, průměrný denní příjem u nás se pohybuje okolo 10 mg glukosinolátů. Ve Velké Británii je až pětinasobně vyšší příjem než u nás, protože konzumují velké množství růžičkové kapusty (Mandžuková, 2005).

Resveratrol

V posledních několika letech vědci věnují velkou pozornost i resveratrolu, což je chemicky trojsytný fenol odvozený od stilbenu. V rostlinách se vyskytuje volný, nebo vázaný na cukry, může se vyskytovat také ve formě složitějších viniferinů (Kalač, 2003). Resveratrol je syntetizován hlavně ve slupkách vinných hroznů a během fermentace dochází k jeho uvolňování do vína. Červená vína oproti bílým obsahují větší množství resveratrolu (Uruakpa, 2012). Je považován za účinný antioxidant, který se podílí na prevenci vzniku onemocnění srdce a cév a nádorových onemocnění. Optimální denní příjem nebyl dosud stanoven. Červená vína obvykle obsahují 2-6 mg/l, vína bílá pouze 0,2-0,8 mg/l (Kalač, 2003).

Fytoestrogeny

Další významnou skupinou rostlinných látek jsou fytoestrogeny. Fytoestrogeny jsou fenolické látky produkované některými rostlinami. Z hlediska estrogenních účinků mají největší význam isoflavonoidy, stilbeny, lignany a kumestany (Cornwell et al., 2004). I přes svou podobnost s přirozeně se vyskytujícími estrogeny se však nejedná o steroidní sloučeniny. Přesný obsah fytoestrogenů v mnoha potravinách rostlinného původu není dosud přesně známý (Yildiz, 2006).

Příjem fytoestrogenů prostřednictvím potravin:

- Sójové produkty
 - isoflavony: genistein, daidzein, formononetin, biochamin A
- Lněné semínko
 - lignany: enterodiol, enterolakton
- Chmel (pivo)
 - 8-prenylnaringenin
- Hrozny révy vinné (červené víno)
 - resveratrol (Wuttke et al., 2007)

3.3 Sója jako funkční potravina

3.3.1 Charakteristika sóji

Sója luštinatá [*Glycine max* (L.) Merrill] je prastará kulturní rostlina, která pochází z jihovýchodní Asie. V současnosti je považována za světově nejvýznamnější a nejrozšířenější luskovinu (Dostálová, Kadlec, 2014). Sója se řadí do čeledi bobovitých (Fabaceae) a náleží do rodu *Glycine* Willd, který zahrnuje přes 75 druhů. Největší význam má právě druh *G. max* (L.) Merrill (kulturní sója) (Baranyk, 2010). Jedná se o jednoletou rostlinu, která dosahuje výšky až 1,5 metru. Plodem jsou lusky. Každý lusk obsahuje tři až čtyři semena (El-Shemy, 2011). Semena mohou mít žluté, zelené nebo černé osemení, přičemž ve významných pěstitelských oblastech se pěstují především odrůdy se žlutým osemením (Kumar et al., 2010). V současné době je sója, co se plochy týká, čtvrtou nejrozšířenější plodinou na světě, a to po kukuřici, pšenici a rýži. Největšími světovými producenty sóji jsou USA, Brazílie, Argentina a Čína (Baranyk, 2010).

Sója je v Asii dlouhou dobu konzumována jako tradiční potravina. Naproti tomu v západních zemích se ve výživě lidí objevuje v daleko menší míře, i když je dobrým zdrojem bílkovin, vlákniny a různých biologicky aktivních látek, z nichž mnohé mají pozitivní zdravotní účinky (Lee et al., 2005). Konzumace sóji a potravin z ní vyrobených je spojena s mnoha zdravotními přínosy. Různé studie prokázaly spojitost mezi spotřebou sójových bobů a snížením rizika kardiovaskulárních onemocnění, rakoviny, diabetu, osteoporózy a symptomů menopauzy (Simpson, 2012).

3.3.2 Chemické složení

Chemické složení sójových bobů se liší v závislosti na odrůdě, vegetačním období, geografické poloze a životním prostředí (El-Shemy, 2011). Sójové boby jsou složeny z makronutrientů jako jsou bílkoviny, sacharidy a lipidy (Cederroth, Nef, 2009). Sója je luštěninou s nejvyšším obsahem bílkovin. Sójové boby obsahují 32-42 % bílkovin, z nichž přibližně 80 % je tvořeno dvěma zásobními globuliny. Jde o β -konglycinin (globulin 7S) a glycinin (globulin 11S), tyto globuliny se liší funkčními a fyzikálně-chemickými vlastnostmi. Často jsou klasifikovány podle jejich rychlosti sedimentace při odstředování. Globuliny jsou pak označeny zkratkou 7S, 11S atd. S je označení pro Svedbergovu jednotku (El-Shemy, 2011). Zásobní proteiny se člení na viciliny a leguminy, což jsou skupiny příbuzných proteinů. Glycinin patří mezi leguminy

a β -konglycinin zase naopak mezi viciliny (Johnson et al., 2008c). Sójové proteiny mají vysokou nutriční hodnotu a vysokou koncentraci esenciální aminokyseliny lysinu. Těto vlastnosti se využívá u stravy založené na obilovinách, u nichž je právě lysin limitující aminokyselinou. V sójových bílkovinách je zase nižší koncentrace sirté aminokyseliny methioninu, které je však dostatek v obilovinách, proto je vhodné luštěniny a obiloviny ve stravě vhodně kombinovat. Kromě již zmíněných bílkovin, sójové boby obsahují několik inhibitorů proteáz, které snižují využitelnost bílkovin, dále lektiny a enzymy lypoxygenázu a ureázu (El-Shemy, 2011).

Sójové boby mají vysoký obsah lipidů a jsou dobrým zdrojem esenciálních mastných kyselin. Obsah tuku je v průměru 19,5 %. V lipidech sójových bobů je koncentrace nasycených mastných kyselin okolo 15 % (zhruba 11 % kyseliny palmitové a 4 % kyseliny stearové), mononenasycených mastných kyselin okolo 21,5 % (kyselina olejová) a polynenasycených mastných kyselin až 63 %, přičemž kyselina linolová je zastoupena z 55 % a kyseliny linolenová z 8 % (El-Shemy, 2011; Maxwell, 2011).

Další součástí sójových semen jsou sacharidy, ty tvoří asi 30 % semene. Rozpustné sacharidy jsou zastoupeny z 15 % (sacharóza, rafinóza, stachyóza) a nerozpustné také zhruba z 15 %. Nerozpustné sacharidy představuje pektin, celulóza, hemicelulóza a malý obsah škrobu (Cederroth, Nef, 2009; Maxwell, 2011).

Sójový olej je bohatým zdrojem významného antioxidantu α -tokoferolu a také značného množství fytosterolů, jako je β -sitosterol, kampesterol a stigmasterol. Uvádí se, že 100 g sójového oleje obsahuje 327 mg rostlinných sterolů. Sójový olej obsahuje také lecitin, který má z nutričního hlediska příznivý vliv na snižování hladiny cholesterolu (Maxwell, 2011).

Obsah minerálních látek u sójových bobů činí 4,5-5 %. Sója je dobrým zdrojem vápníku, železa, zinku, fosforu a hořčíku. Bohatá je rovněž na vitaminy skupiny B, zejména na thiamin, riboflavin, niacin a dále také na kyselinu listovou (Baranyk, 2010; Maxwell, 2011). V sóji se nachází i kyselina fytová a saponiny. Důležitou skupinou sloučenin, které je v poslední době věnována značná pozornost je skupina fytoestrogenů, konkrétně isoflavonů (Cederroth et al., 2012).

Tab. 4 Základní složení a energetická hodnota sójových bobů (Pánek et al., 2002)

Složka	Obsah (g/100 g)
Bílkoviny	36,49
Lipidy	19,94
Sacharidy	30,16
- z toho vláknina	9,30
Popel	4,87
Voda	8,54
Energie	1741 kJ (416 kcal)

3.3.3 Uznávaná funkční potravina

Potravinářský průmysl v poslední době zaznamenal rozsáhlý nárůst právě těch potravin, které jsou známé pod označením funkční potraviny. Tyto potraviny lze kategorizovat do dvou skupin.

1. Potenciální funkční potraviny (takové, které mohou mít příznivé účinky na organismus)
2. Uznávané funkční potraviny (takové, u nichž jsou přínosy pro lidské zdraví ověřeny)

Uvádí se, že sója a sójové výrobky se řadí právě do kategorie uznávaných funkčních potravin. V dnešní době je již známo, že lidská strava obsahuje kromě základních makro a mikro živin i celou řadu přirozeně se vyskytujících bioaktivních látek, které mohou mít příznivý vliv na zdraví člověka (Maxwell, 2011). Sójové boby obsahují značné množství bioaktivních látek, u nichž se vědci snaží porozumět jejich biologickým funkcím v organismu. Výzkumy se zabývají jak nutriční hodnotou, tak potenciálními zdravotními přínosy těchto látek. V mnohých studiích bylo prokázáno, že u amerických a evropských mužů je několikanásobně zvýšené riziko vzniku rakoviny prostaty ve srovnání s muži z asijských zemí, kde je sója tradiční součástí stravy.

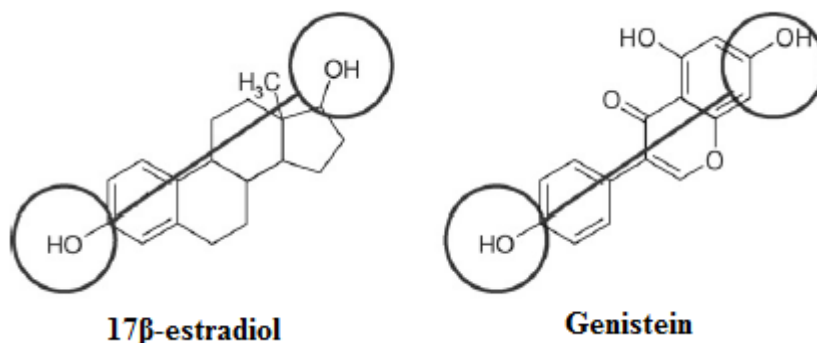
Ačkoliv byly významné účinky na zdraví zaznamenány u lidí s vysokou spotřebou sóji, někteří vědci tvrdí, že tyto zdravotní přínosy jsou nedostatečně podloženy experimentálními důkazy. Je nezbytné poukázat na to, že všechny látky obsažené v sójových bobech vykazují slabou biologickou aktivitu, tudíž běžná konzumace potravin obsahujících tyto látky v rámci krátkodobých klinických výzkumů nevede k vyvolání

viditelné fyziologické reakce. Pozitivní účinky se mohou promítnout na zdravotním stavu až po dlouhodobé konzumaci příslušných sójových potravin (El-Shemy, 2011).

3.4 Fyziologicky účinné látky obsažené v sójových bobech

3.4.1 Fytoestrogeny

Fytoestrogeny jsou nesteroidní polyfenolické sekundární metabolity rostlin. Jejich struktura je velmi podobná lidskému estrogenu estradiolu (Moravcová, 2008). Tyto přirozeně se vyskytující chemické látky mají schopnost vyvolat estrogenní, ale i antiestrogenní účinky. Schopnost vyvolat takovéto účinky je přisuzována jejich strukturální podobnosti s lidským hormonem 17- β -estradiolem. Fytoestrogeny mají s estradiolem několik společných znaků. Stejně jako estradiol se vyznačují přítomností fenolového jádra, které je nezbytné pro vazbu na estrogenní receptory (ER), dále mají podobně nízkou molekulovou hmotnost a vzdálenost mezi dvěma hydroxylovými skupinami ve struktuře isoflavonů je téměř identická se vzdáleností mezi dvěma hydroxylovými skupinami estradiolu (Yildiz, 2006).



Obr. 2 Strukturální podobnost 17 β -estradiolu a genisteinu (Wuttke et al., 2007)

Fytoestrogeny se v rostlinách vyskytují nejčastěji ve formě glykosidů, protože ty jsou více rozpustné ve vodě, a je tak zajištěn transport ve vodě nerozpustného aglykonu (Moravcová, 2008). U rostlin plní fytoestrogeny odlišnou funkci než estrogenu u živočichů. Zatímco živočišné estrogenu se podílejí na hormonální regulaci biologických dějů v organismu, rostlinné fytoestrogeny mají ochrannou a obrannou funkci. Posilují imunitu rostliny a mají antioxidační, antiparazitární, antivirové, antibakteriální

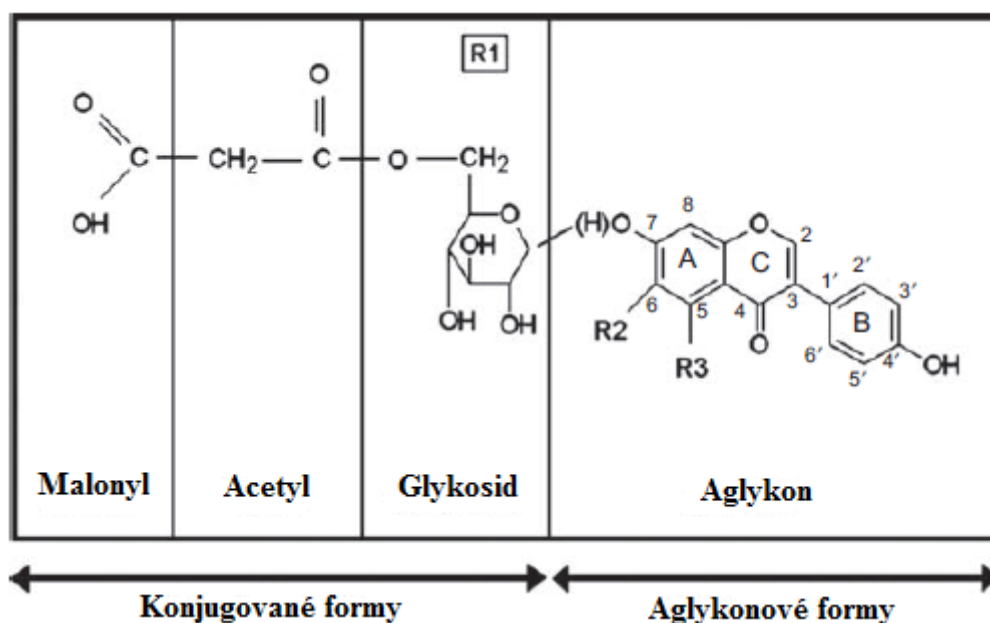
a fungistatické vlastnosti (Vrzáňová, Heresová, 2003). Co se lidských estrogenů týká, tak biologicky neaktivnějším ženským pohlavním hormonem je estradiol. Jde o hormon steroidní povahy, který se vytváří ve folikulech vaječnicků. Jeho úkolem je řízení menstruačního cyklu a do období menopauzy snižuje riziko vzniku osteoporózy a srdečně-cévních (kardiovaskulárních) chorob. Tvorba tohoto hormonu od středního věku postupně slábne a během přechodu se zastavuje (Kalač, 2003). Fytoestrogeny, zejména isoflavony, tak představují skupinu přírodních látek, které se stávají slibnou alternativou k hormonální substituční terapii u žen v období menopauzy (Vrzáňová, Heresová, 2003).

Obecně platí, že fytoestrogeny vykazují relativně slabou estrogení aktivitu. K vyvolání biologické odezvy ekvivalentní účinkům estradiolu musí být koncentrace fytoestrogenů mnohem vyšší (Yildiz, 2006). Ačkoliv základní účinky fytoestrogenů jsou spojeny s jejich vazbou na estrogení receptory, možné jsou i jiné mechanismy vlivů na vnitřní prostředí organismu (Stárka, 2011). Například snižování rizika rakoviny prsu u žen a rakoviny prostaty u mužů a osteoporóza jsou přisuzovány právě estrogení aktivitě fytoestrogenů. Naopak příčinou snižování rizika aterosklerózy a diabetu je jejich antioxidační aktivita (Kumar et al., 2010). Sója a některé sójové produkty jsou ve výživě člověka nejdůležitějším zdrojem fytoestrogenů zvaných isoflavony, které jsou spojovány s mnoha prospěšnými zdravotními účinky (Balisteiro et al., 2013). Sója za svůj nedávno získaný status „funkční potravina“ vděčí právě přítomnosti isoflavonů (Kumar et al., 2010).

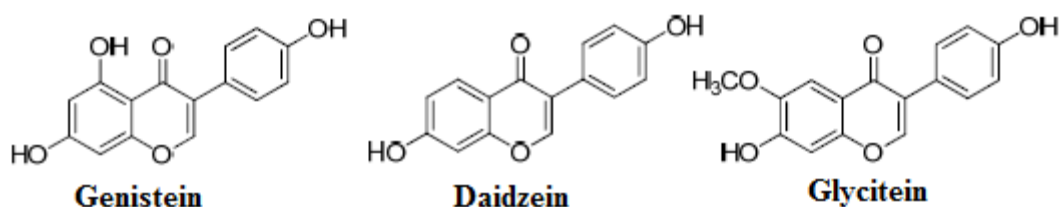
3.4.1.1 Isoflavony

Isoflavony patří spolu s flavanony, flavanoly, katechiny, anthokyanidiny a dalšími látkami k rozsáhlé skupině přírodních produktů nazývaných flavonoidy (Vacek et al., 2008). Isoflavony představují skupinu sekundárních metabolitů rostlin produkovaných převážně luštěninami. Syntéza isoflavonů v rostlinách je založena na uhlíkatém skeletu 3-fenylbenzpyranu. Jejich struktura se liší ve stupni methylace, hydroxylace a glykosylace (Klejduš et al., 2004). Isoflavony se vyznačují celou řadou fyziologických účinků, našly své uplatnění v prevenci rakoviny a kardiovaskulárních onemocnění (Vacek et al., 2008). V pokusech *in vitro* u nich bylo zjištěno mnoho protirakovinných mechanismů v souvislosti s výskytem hormonálně dependentních nádorů (Klejduš et al., 2005).

Sója je hlavním potravinovým zdrojem isoflavonů. Hlavními isoflavony v sóji jsou genistein (4,5,7-trihydroxyisoflavon), daidzein (4,7-dihydroxyisoflavon) a glycitein (4,7-dihydroxy-6-methoxyisoflavon). Glycitein je v sóji obsažen v menším množství (Preedy, 2013). Sójové isoflavony existují ve čtyřech hlavních formách, a sice jako již zmíněné aglykony (genistein, daidzein a glycitein), dále jako β -glykosidy, kdy na aglykon je navázán cukerný zbytek (genistin, daidzin a glycitin), a jako malonyl a acetylderiváty β -glykosidů (Kumar et al., 2010). Acetylderiváty glykosidů vznikají dekarboxylací příslušných malonylesterů. Dále jsou v sóji obsaženy, ale pouze ve velmi malém množství další dva fytoestrogeny, a sice formononetin a biochanin A. Jedná se o methylované deriváty daidzeinu a genisteinu. V naklíčených bobech je formononetin jedním z hlavních isoflavonů (Velíšek, Hejšlová, 2009b; Yildiz, 2006).



Obr. 3 Čtyři hlavní formy sójových isoflavonů (Preedy, 2013)



Obr. 4 Struktura tří hlavních isoflavonů přítomných v sóji (El-Shemy, 2011)

Obsah isoflavonů v sójových bobech se pohybuje v rozmezí 1-4 mg/g (Johnson, Williamson, 2003). Podle Maxwella (2011) se koncentrace a skladba isoflavonů v sóji může lišit v závislosti na odrůdě, geografických a ekologických podmínkách pěstování a zásadně ji ovlivňuje konečné zpracování sójových bobů na jednotlivé potravinářské výrobky. Například sójový proteinový koncentrát, při jehož výrobě se používá alkoholová extrakce, má obsah isoflavonů velmi nízký, jen zhruba 11 mg/100 g výrobku. Isoflavony jsou ve vodném roztoku ethanolu rozpustné, tudíž jsou při výrobě tohoto koncentráту z velké části odstraněny. Naproti tomu sójová mouka obsahuje značné množství isoflavonů, zhruba 150-170 mg/100 g výrobku (Maxwell, 2011; Cederroth et al., 2012). Tradiční sójové potraviny lze rozdělit na fermentované, v nichž se isoflavony vyskytují ve formě aglykonů a nefermentované sójové potraviny, kde převažuje glykosidová forma (Salter et al., 2012).

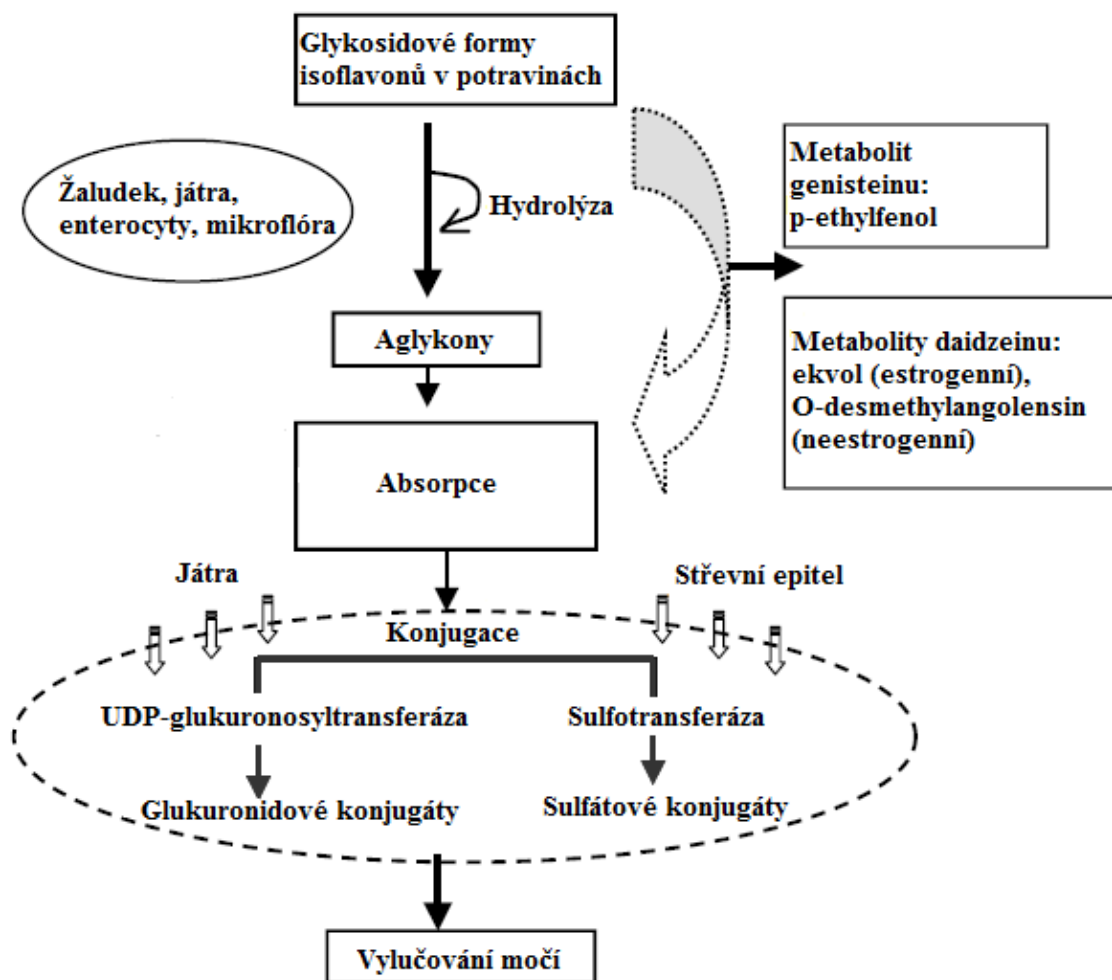
3.4.1.2 *Biologická dostupnost sójových isoflavonů*

Metabolismus a biologická dostupnost isoflavonů má pravděpodobně klíčový význam pro jejich schopnost přispívat k ochraně proti některým chorobám (Salter et al., 2012). Absorpce isoflavonů se liší mezi jednotlivými populacemi v důsledku takových faktorů jako je skladba střevní mikroflóry, stravovací návyky a etnický původ. Absorpce je do značné míry závislá na chemické podobě těchto látek. Isoflavony ve formě glykosidů musí být nejprve hydrolyzovány na aglykony, aby bylo usnadněno jejich vstřebání a uplatnily se tak jejich potenciální ochranné účinky na organismus (El-Shemy, 2011). Střevní mikroflóra hraje v metabolismu isoflavonů důležitou roli. Působením bakteriální β -glukosidázy dojde k odštěpení cukerné složky z glykosidové formy za vzniku příslušného bioaktivního aglykonu (El-Shemy, 2011; Cederroth, Nef, 2009). Aglykony jsou snadněji absorbovány díky nižší molekulové hmotnosti. K absorpci dochází převážně ve střevech (Yildiz, 2006). K přeměně může docházet i vlivem vlastního metabolismu, a to buď kyselou hydrolýzou glykosidů v žaludku konzumenta nebo prostřednictvím β -glukosidázy obsažené v enterocytech tenkého střeva (Stárka, 2011; Yildiz, 2006).

Aglykon daidzein může být metabolizován na ekvol a na O-desmethylangolensin, ten však nevykazuje estrogenní účinky (El-Shemy, 2011). Ekvol je poměrně silně účinný fytoestrogen (Stárka, 2011). Genistein je také dále metabolizován, a sice na hormonálně inertní sloučeninu p-ethylfenol (Yildiz, 2006). Ne všichni jedinci jsou však schopni

isoflavony takto metabolizovat. V západní civilizaci je tzv. producentů ekvolu jen asi 25 %, naproti tomu v Jihovýchodní Asii je těchto jedinců zhruba 70 %. Po absorpci jsou isoflavony rychle metabolizovány buňkami střevního epitelu na glukuronidové a sulfátové konjugáty, ty se potom objeví v krvi a jiných tělních tekutinách. V játrech jsou metabolizovány prostřednictvím cytochromů P450, jejich struktura se tak může výrazně změnit (Havlík, Marounek, 2013).

Isoflavony byly detekovány v mnoha tělesných tekutinách, jako je moč, krevní plazma, výkaly, sperma, sliny a mateřské mléko (Yildiz, 2006). Otázkou však stále zůstává, zdali snížená schopnost mnoha konzumentů sójových výrobků produkovat ekvol nemá rozhodující vliv na blahodárné účinky isoflavonů (El-Shemy, 2011).



Obr. 5 Dráha absorpce, metabolismu a vylučování isoflavonů (Yildiz, 2006)

3.4.1.3 *Kumestany a lignany*

Kumestany jsou látky, jejichž biosyntéza souvisí s isoflavony. Proto je běžné, že se u zástupců čeledi Fabaceae nachází vedle isoflavonů i kumestany. Kumestany vznikají převážně při klíčení semen luskovin. Významnými kumestany s estrogenními účinky jsou kumesrtol a 4'-methoxykumestrol (Opletal, Šimerda, 2010). Z hlediska lidské výživy jsou kumestany jen okrajovou záležitostí, neboť se vyskytují hlavně v jetelích a vojtěšce (Kalač, 2003). Například kumestrol je ale přítomen v nízkých koncentracích ve většině luštěnin, které tak představují hlavní potravinový zdroj kumestrolu. Koncentrace kumestanů v sójových klíčcích je zhruba 7 mg/100 g hmoty, avšak ve zralých sójových bobech je jejich koncentrace pouze 0,12 mg/100 g hmoty (Cornwell et al., 2004). Kumestany jsou více estrogenně aktivní sloučeniny než isoflavony, nicméně jejich koncentrace v rostlinných tkáních jsou nízké, tudíž je jejich celkový účinek nižší než účinek isoflavonů.

Lignany jsou látky, které na rozdíl od isoflavonů a kumestanů nepatří mezi flavonoidy, nicméně i u nich bylo prokázáno, že vyvíjí estrogenní účinky (Yildiz, 2006). Lignany však nejsou přímými estrogeny (Kalač, 2003). Rostlinné lignany sekoisolariciresinol a matairesinol nejsou samy o sobě estrogenní, ale mohou být snadno přeměněny na tzv. savčí lignany enterodiol a enterolakton, které mají estrogenní účinky. K přeměně dochází prostřednictvím střevní mikroflóry. Savčí lignany jsou tak snadno vstřebány a působí preventivně proti rakovině (Cornwell et al., 2004). Sójové boby obsahují stopová množství lignanů sekoisolariciresinolu, syringaresinolu a pinoresinolu (Opletal, Šimerda, 2010).

3.4.1.4 *Mechanismus účinku fytoestrogenů*

Je dobře známo, že estrogeny patřící do skupiny steroidních hormonů se podílí na růstu, diferenciaci a fungování mnoha cílových tkání (Yildiz, 2006). Jejich účinek se však může rozvinout jen na základě interakcí s příslušnými receptory. Existují dvě přirozené izoformy estrogenních receptorů (ER) označované jako ER α a ER β (Opletal, Šimerda, 2010). I když jsou tyto dva subtypy ER do značné míry homologní v některých částech receptorového proteinu, výrazně se od sebe liší v několika aspektech. Liší se například ve vazebných místech pro ligandy, regulaci genové exprese a rozložením mezi jednotlivými tkáněmi. Jejich biologické funkce jsou tedy odlišné (Gilani, Anderson, 2002c). Tkáně

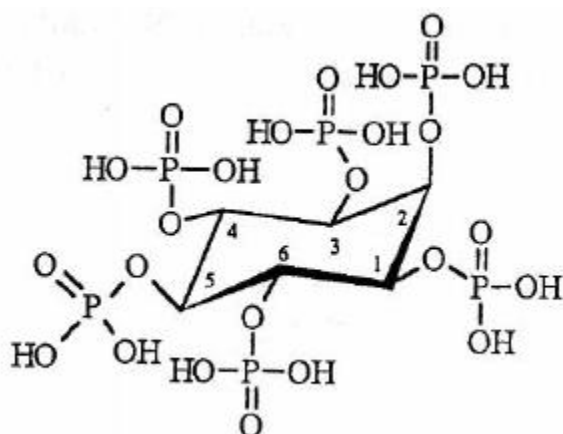
s převahou ER α jsou prsa, děloha, vaječníky. ER β zase převažují v tkáních, jako je např. kost, mozek nebo kůže (Stárka, 2011).

Hlavním ligandem pro estrogenní receptory je estradiol, ale bylo zjištěno, že se na ER mohou vázat i jiné typy ligandů, např. fytoestrogeny (Johnson, Williamson, 2003). Základním předpokladem pro vazbu fytoestrogenů na ER je přítomnost fenolového jádra ve struktuře těchto rostlinných estrogenů (Gilani, Anderson, 2002c). Mechanismy působení estrogenů a fytoestrogenů jsou složité a liší se na buněčné úrovni. Estradiol má vyšší afinitu k ER α , zatímco fytoestrogeny se vyznačují vyšší afinitou k ER β . (Johnson, Williamson, 2003). Afinita fytoestrogenů k endogenním estrogenním receptorům je ve srovnání s afinitou estradiolu asi tisíckrát slabší. Specifická biologická afinita k jednotlivým typům receptorů se liší někdy až řádově. Například genistein má třicetkrát vyšší afinitu k ER β než k ER α (Moravcová, 2008; Stárka, 2011). Skutečnost, že isoflavony vykazují vyšší afinitu k ER β než k ER α vede k tomu, že isoflavony jsou tak čím dál tím více vnímány nejen jako fytoestrogeny, ale i jako přírodní selektivní modulátory estrogenních receptorů (SERM), a tedy jako fytochemikálie důležité pro zdraví žen, zejména žen v období po menopauze. Fytoestrogeny obsažené v sóji se tak stávají potenciální alternativou k hormonální substituční terapii (Gilani, Anderson, 2002c).

Fytoestrogeny ve vztahu k endogenním estrogenům působí jako slabí agonisté, jejichž aktivita se projeví až při nedostatku přirozených endogenních estrogenů. Mohou však také působit jako antagonisté. O tom, který typ účinku převládne, rozhoduje především konkrétní druh fytoestrogenu, koncentrace endogenních estrogenů, typ cílové tkáně a typ estrogenních receptorů, které v této tkáni převládají (Stárka, 2011). Bylo prokázáno, že fytoestrogeny ovlivňují chování buněk tím, že regulují a upravují metabolismus a dostupnost endogenních estrogenů, které jsou zodpovědné za růst a rozvoj hormonálně dependentních nádorů. Fytoestrogeny jsou účinnými inhibitory některých enzymů, které se podílejí na metabolismu a biosyntéze estrogenů (Yildiz, 2006). Mohou ovlivňovat řadu klíčových enzymů, jako je aromatáza (účastní se syntézy estrogenů), DNA-topoisomerázy (ovlivňují růst buněk, replikaci DNA) a 5 α -reduktáza. Inhibicí posledně zmíněného enzymu dojde ke snížení lokální koncentrace dihydrotestosteronu, hlavního androgenu v prostatě (Moravcová, 2008; Stárka, 2011). Kromě toho mohou fytoestrogeny zasahovat do transportu vápníku či oxidace lipidů nebo působit jako antioxidanty (Moravcová, 2008).

3.4.2 Kyselina fytová

Kyselina fytová je esterem *myo*-inositolu a kyseliny fosforečné. Je známá i pod názvy, jako je fytát nebo inositolhexakisfosfát a často je označována jako IP₆. Je to nejrozšířenější inositolfosfát na Zemi (Strunecká, Patočka, 2006). Vyskytuje se ve značném množství v mnoha plodinách, především v obilovinách, luštěninách a olejninách. Existují však potraviny, které kyselinu fytovou vůbec neobsahují, například cibule, celer, houby, jablka, citrusové plody a některé další (Velíšek, Hejšlová, 2009b).



Obr. 6 Struktura kyseliny fytové (Velíšek, Hejšlová, 2009b)

Obsah se v obilovinách, luštěninách a olejninách pohybuje v rozmezí 0,4-6,4 % (Vucenik, Shamsuddin, 2003). Sója obsahuje 1-2,3 % kyseliny fytové. Více než polovina z celkového obsahu fosforu v sójových bobech je tak ve formě inositolhexakisfosfátu (Maxwell, 2011). S vápenatými, hořečnatými, železitými, zinečnatými a jinými kovovými ionty tvoří stabilní sloučeniny nazývané fytáty. Vápenato-hořečnatý komplex kyseliny fytové bývá označován jako fytin. Po odštěpení fosfátových skupin může kyselina fytová díky zápornému náboji iontově interagovat i s bílkovinami nebo s některými fosfolipidy (Velíšek, Hejšlová, 2009b). IP₆ díky svým chelatačním schopnostem významně zasahuje do vstřebávání minerálních látek v organismu člověka, ale i hospodářských zvířat. Díky těmto svým vlastnostem je považována za antinutriční složku potravy (Maxwell, 2011). Snížená biologická využitelnost mnohých prvků ze stravy je zapříčiněna jejich pevnou fixací ve fytátech a jejich malou rozpustností (Velíšek, Hejšlová, 2009b). To má svůj význam i v oblasti živočišné výroby, jako jsou chovy prasat a drůbeže. Převážná část kyseliny fytové není u zvířat s jednoduchým žaludkem strávena,

odchází s výkaly do kejdy a teprve tam podléhá mikrobiálnímu rozkladu za uvolnění fosfátů. Doporučuje se tedy do krmiv pro tato hospodářská zvířata přidávat enzymy fytázy, aby se tak zlepšila využitelnost některých složek obsažených v rostlinných krmivech (Strunecká, Patočka, 2006).

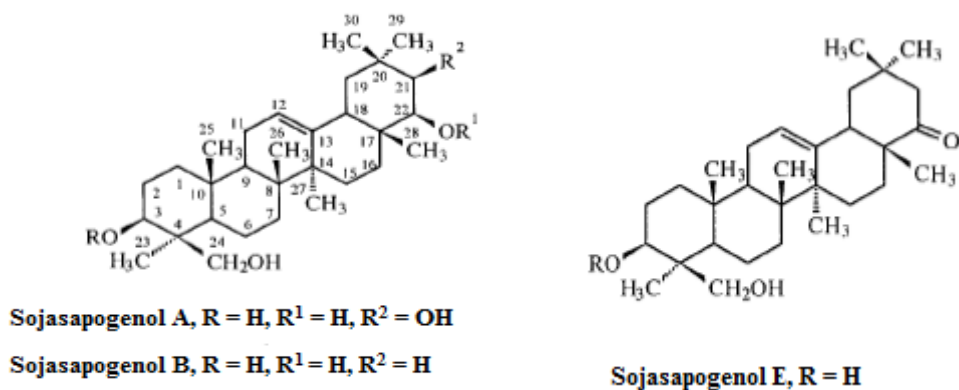
Na jedné straně je kyselina fytová považována za antinutriční látku snižující využití fosforu, zinku, vápníku a mědi u zvířat a lidí. Na druhé straně potlačuje tvorbu reaktivních hydroxylových radikálů katalyzovanou železem, má tedy významné antioxidační vlastnosti (Strunecká, Patočka, 2006). V různých experimentálních modelech se projevily pozoruhodné protirakovinné účinky této sloučeniny (Vucenik, Shamsuddin, 2003). Může působit preventivně např. proti rakovině prsu a střev. Rovněž má prospěšné účinky v regulaci hladiny glukózy v krvi, snižuje krevní srážlivost, hladinu cholesterolu a triglyceridů. Vzhledem k vysokému chelatačnímu potenciálu IP₆ dochází k jeho interakcím s ionty železa, hořčíku a vápníku, ale právě díky tomuto mechanismu může IP₆ působit preventivně proti vzniku ledvinových kamenů a může také inhibovat produkci amonných iontů, a snižovat tak zápach z úst i zápach moči (deodorizační účinky). Pro své chelatační vlastnosti je kyselina fytová používána v potravinářství jako aditivní látka. Přídavek této látky snižuje potřebnou dobu fermentace a brání změnám barvy různých potravin (Strunecká, Patočka, 2006). Používá se také pro čiření vín, kdy zajišťuje odstranění železitých iontů vysrážením fytátu železitého (Velíšek, Hejšlová, 2009b).

3.4.3 Saponiny

Saponiny představují různorodou skupinu heteroglykosidů vyskytujících se hlavně v rostlinách, přičemž jejich množství závisí na druhu rostliny a klimatických podmínkách. Obsah saponinů v sóji luštinaté se pohybuje v rozmezí 0,22-5,6 %. Aglykony saponinů se označují jako sapogenoly nebo sapogeniny. Jde o steroidní sloučeniny, které lze rozdělit na dva druhy: triterpenové alkoholy a steroly. Na aglykon se váže jeden nebo více cukerných zbytků a podle jejich množství se rozlišují monodesmosidy s jedním cukerným zbytkem, bisdesmosidy se dvěma a trisdesmosidy se třemi cukernými zbytky v různých polohách aglykonu (Velíšek, 2002). Saponiny mají díky své skladbě amfifilní povahu (hydrofilní sacharid spojený s hydrofobním aglykonem). Z tohoto důvodu jsou také vynikajícími pěnotvornými a emulgačními činidly (Johnson et al., 2008c).

Sójové saponiny se řadí mezi triterpenoidní saponiny. Aglykony sójových saponinů jsou sojasapogenol A, B a E. Saponiny, které jsou odvozené od sojasapogenolu A jsou

bisdesmosidy, cukry mají navázány v poloze C-3 a C-22, přičemž některý z cukrů může být acetylován. Acetylované deriváty se vyznačují hořkou a svíravou chutí. Sója většinou obsahuje sojasaponin A_a a A_b jako hlavní zástupce acetylovaných sloučenin. Glykosidy sojasapogenu B patří mezi monodesmosidy, v poloze C-22 jim chybí hydroxyskupina a cukr je vázán pouze v poloze C-3. Patří sem sojasaponin B_a a B_b. Další saponiny sóji, jako je saponin B_d a B_e jsou odvozeny od sojasapogenu E (Velíšek, 2002).



Obr. 7 *Struktura sojasapogenu A, B a E* (Velíšek, 2002)

Saponiny jsou příčinou nežádoucí hořkosti a trpkosti sójových bobů i dalších luštěnin. Dříve byly saponiny považovány čistě jen za antinutriční a toxické látky (Velíšek, 2002). Dnes se však saponiny jeví i jako látky s protirakovinnými účinky, a to na základě jejich antioxidačních a antimutagenních vlastností (Maxwell, 2011). Zvláště zajímavou vlastností saponinů z hlediska lidské výživy je jejich schopnost snižovat hladinu cholesterolu v krvi. Saponiny se ve střevě vážou s cholesterolem a žlučovými kyselinami, čímž snižují jejich absorpci a působí tak preventivně proti vzniku kardiovaskulárních onemocnění. Byly u nich zjištěny i antimykotické účinky. Ve studiích *in vitro* se ukázalo, že sójové saponiny vykazují silné antivirové účinky vůči viru HIV (El-Shemy, 2011).

3.4.4 Biologicky aktivní proteiny a peptidy

Sója obsahuje řadu látek, u nichž byly prokázány protirakovinné účinky. Patří mezi ně již zmíněné isoflavony, saponiny, kyselina fytoová a dále i biologicky aktivní proteiny a peptidy. Mezi biologicky aktivní proteiny a peptidy se řadí inhibitory proteáz, lektiny a nedávno objevený peptid lunasin (Maxwell, 2011).

3.4.4.1 *Inhibitory proteáz*

Inhibitory proteáz významné z výživového hlediska jsou proteiny nebo polypeptidy schopné inhibovat trávicí enzymy proteázy. U hospodářských zvířat mohou být příčinou zpomaleného růstu. Podle toho, který druh proteáz mohou inhibovat je lze rozdělit na inhibitory serinových proteáz (např. trypsinu, chymotrypsinu aj.), sulfhydrolových proteáz (např. pepsinu, thrombinu aj.), kyselých proteáz (např. kathepsinu D) a inhibitory metaloproteáz (inhibují např. karboxypeptidasy slinivky). V rostlinách inhibitory proteáz plní funkci zásobních proteinů v době klíčení a jsou součástí obranných mechanismů rostlinných pletiv proti predátorům. Kromě rostlinných inhibitorů proteáz existují i inhibitory proteáz mikrobiálního a živočišného původu (Velíšek, 2002). Sójové boby obsahují dvě hlavní skupiny inhibitorů proteáz, jedná se o inhibitory Kunitzova typu (KI) a inhibitory Bowmanova-Birkova typu (BBI). Obě tyto skupiny inhibitorů vykazují specifitu k serinovým proteázám (Verma, Sheomaker, 1996).

Inhibitory Bowmanova-Birkova typu jsou peptidy skládající se ze 71 aminokyselin s molekulovou hmotností přibližně 8 kDa. Jejich struktura je stabilizována 7 disulfidickými vazbami. Tyto peptidy jsou schopny inhibovat trypsin i chymotrypsin prostřednictvím dvou aktivních vazebných míst, a sice Lys¹⁶-Ser¹⁷ a Leu⁴³-Ser⁴⁴ (Maxwell, 2011). Dříve byly trypsinové inhibitory obsažené v sóji vnímány jen jako antinutriční látky (Johnson et al., 2008c). Později však bylo v mnoha rozsáhlých studiích *in vitro* a *in vivo* prokázáno, že BBI vykazují protirakovinné účinky, mají tedy schopnost potlačovat karcinogenní procesy v různých tkáních a orgánech. Ve studiích *in vivo* prováděných na hlodavcích bylo zjištěno, že BBI účinně zasahují do procesu karcinogeneze, který byl vyvolán chemickými karcinogeny nebo ionizujícím zářením v plicích, jícnu, tlustém střevě a ústní dutině těchto zvířat. V důsledku tohoto zjištění získaly inhibitory Bowmanova-Birkova typu v roce 1992 status „Investigational New Drug“ a v současné době jsou v podobě BBI koncentráty hodnoceny jako antikarcinogenní látky s možným využitím pro lidskou populaci. Nicméně stále není přesně objasněn mechanismus, kterým inhibitory proteáz potlačují proces karcinogeneze (Hernández-Ledesma, Lumen, 2008). Obsah inhibitorů Bowmanova-Birkova typu se v sójových bobech pohybuje okolo 2-3 g/kg (Velíšek, 2002).

Inhibitory Kunitzova typu tvoří jeden polypeptidový řetězec složený ze 181 aminokyselin. Ve struktuře jsou dvě disulfidické vazby a molekulová hmotnost je přibližně 21,5 kDa. Tento typ inhibitorů vykazuje specifitu pouze k trypsinu, a to

prostřednictvím vazebného místa tvořeného aminokyselinami Arg⁶³-Ile⁶⁴ (Verma, Sheomaker, 1996). Inhibitory Kunitzova typu jsou obvykle v sóji v daleko vyšším množství než inhibitory Bowmanova-Birkova typu. Jejich obsah se v sójových bobech pohybuje okolo 20 g/kg. KI jsou více termolabilní než BBI, především z důvodu nižšího počtu disulfidických vazeb (Johnson et al., 2008c; Velíšek, 2002). Bylo zjištěno, že inhibitory tohoto typu příznivě působí proti rakovinnému bujení ve vaječnicích a ukázalo se také, že působí jako protizánětlivé činidlo (Maxwell, 2011).

3.4.4.2 Lektiny

Lektiny jsou bioaktivní proteiny nacházející se téměř ve všech organismech, včetně rostlin, bakterií a virů. Největší koncentrace lektinů se běžně vyskytuje v semenech a dalších zásobních orgánech rostlin. V samotných luštěninách bylo identifikováno více než sto různých lektinů (Maxwell, 2011; Johnson, Williamson, 2003). Tyto látky byly dříve označovány jako fytohemaglutininy nebo hemaglutininy, a to díky jejich schopnosti způsobovat aglutinaci erytrocytů. Jedná se o skupinu heterogenních proteinů, které se reverzibilně vážou na specifické monosacharidy nebo oligosacharidy. Sójové lektiny jsou tetramerní glykoproteiny s molekulovou hmotností okolo 120 kDa, představují přibližně 1-2 % z celkového obsahu proteinů v sójových bobech. Sójové lektiny patří mezi hololektiny, tedy látky mající alespoň dvě domény vazající sacharidy, jsou tedy látkami di- až polyvalentními. Lektiny nevykazují žádnou katalytickou aktivitu. Jejich schopnost aglutinace souvisí se schopností specificky rozpoznávat sacharidy na povrchu buněk (Maxwell, 2011).

Lektiny přijaté potravou mají tendenci se vázat na střevní buňky a výrazně tak zasahovat do absorpce živin. Snižují jejich vstřebávání a tím i využitelnost. Vzhledem k této skutečnosti byly lektiny po dlouhou dobu považovány za antinutriční látky. Zajímavé je, že ač mají lektiny bílkovinnou podstatu, tak jsou mnohé z nich relativně odolné vůči tepelné denaturaci a mohou odolávat i trávicím procesům. Přečkají průchod gastrointestinálním traktem prakticky neporušené a zachovávají si svoji plnou biologickou aktivitu, následně mohou vstupovat do krevního oběhu. Sójové lektiny nepatří k nejodolnějším lektinům, k jejich denaturaci dochází při tepelné úpravě za vlhka. Denaturace lektinů obsažených v sójových bobech úzce souvisí s inaktivací inhibitorů proteáz (Johnson, Williamson, 2003; Johnson et al., 2008c).

V řadě studií zaměřených na lektiny bylo zjištěno, že mají protirakovinný potenciál, neboť jsou schopny se vázat na membrány rakovinných buněk nebo jejich receptory. Způsobují tak cytotoxicitu (narušování) a apoptózu (řízenou smrt) rakovinných buněk a dokáží také inhibovat růst nádorů. Lektiny se mohou vázat i na ribozomy a inhibovat syntézu proteinů, tzv. proteosyntézu (Maxwell, 2011). Účinně také omezují proliferaci nádorových buněk. V současné době se lektiny využívají jako terapeutická činidla ve výzkumech zabývajících se léčbou rakoviny. V této oblasti mají lektiny značný potenciál (El-Shemy, 2011).

3.4.4.3 Lunasin

Lunasin je peptid skládající se ze 43 aminokyselinových zbytků s jedinečnou sekvencí, díky níž se jeví jako potenciální chemopreventivní látka. Tento přirozeně se vyskytující peptid původně izolovaný ze sóji bývá označován jako 2S albumin. Jeho molekulová hmotnost je přibližně 4,7 kDa (Johnson et al., 2008c). Kromě sóji byl identifikován i v ječmenu a pšenici. Koncentrace lunasinu v sóji je značně závislá na odrůdě a podmínkách pěstování. Většina odrůd sóji obsahuje v průměru 6-7 mg lunasinu/g bílkoviny, ale v některých odrůdách byl zjištěn v daleko větším množství (Hernández-Ledesma, Lumen, 2008).

Důležitou vlastností látky, která má působit preventivně proti rakovině je schopnost této látky, poté co byla podána perorálně, uniknout procesům trávení v gastrointestinálním traktu. Účelem je, aby se chemopreventivní látka dostala v aktivní formě k cílové tkáni nebo orgánu. Bylo zjištěno, že inhibitory proteáz nacházející se v sóji, tedy inhibitory Bowmanova-Birkova typu a Kunitzova typu chrání lunasin před procesy probíhajícími v gastrointestinálním traktu, čímž mu umožní uplatnit jeho chemopreventivní vlastnosti. Experimentální výzkumy se zabývají možným uplatněním lunasinu v prevenci leukémie, rakoviny prsu, tlustého střeva a kůže (El-Shemy, 2011).

3.4.5 Fytosteroly

Fytosteroly neboli rostlinné steroly jsou složky rostlinných olejů. Sójový olej obsahuje množství fytosterolů, patří mezi ně β -sitosterol, kampesterol a stigmasterol. Fytosteroly jsou po chemické stránce blízkými příbuznými cholesterolu, avšak na rozdíl od cholesterolu si je člověk nedokáže syntetizovat a přijímá je pouze potravou. Pro fytosteroly jsou charakteristické antikarcinogenní vlastnosti a schopnost snižovat hladinu

sérového cholesterolu a LDL cholesterolu v krvi (Kalač, 2003; Maxwell, 2011). Obsah fytosterolů v sójovém oleji je zhruba 221 mg/g oleje. Ze všech přítomných fytosterolů je nejvíce zastoupen β -sitosterol. V několika klinických studiích bylo prokázáno, že strava obsahující fytosteroly snižuje celkový cholesterol cca o 10 % a LDL cholesterol o 15 % (Singh, 2010c). K poklesu hladiny cholesterolu v krevním séru dochází díky tomu, že fytosteroly omezují jeho vstřebávání z tenkého střeva. Fytosteroly se přitom samy téměř nevstřebávají, takže se ani nemohou ukládat v cévních stěnách. Tuky se v tenkém střevu i při vysokém příjmu fytosterolů i nadále vstřebávají normálně. Bylo zjištěno, že při denním příjmu 2-3 g fytosterolů se snižuje riziko vzniku srdečně-cévních chorob zhruba o 15-40 % a příčinou je právě snížení hladiny rizikového LDL cholesterolu v krvi (Kalač, 2003).

3.4.6 Lecitin

Lecitin je látka patřící mezi glycerolfosfatidy, což je z výživového hlediska významná skupina fosfolipidů. Ve struktuře glycerolfosfatidů jsou na glycerol esterově navázány dvě molekuly mastných kyselin, ale místo třetí mastné kyseliny je esterově navázána kyselina fosforečná. V případě lecitinu je na tuto kyselinu fosforečnou další esterovou vazbou navázán cholin. Mezi glycerolfosfatidy patří i fosfatidylseriny a kefaliny. Mezi fosfolipidy obsaženými v sóji převládají lecitiny a kefaliny (Kalač, 2003).

Lecitin je důležitou složkou potravy. Sójový lecitin zlepšuje funkci jater, má příznivý vliv na kardiovaskulární systém a činnost mozku, zlepšuje paměť a podporuje myšlení. Lecitin je nezbytnou složkou buněčných membrán, hojně se vyskytuje v mozku, míše atd. Má tak velký význam u pacientů s Alzheimerovou chorobou, při níž dochází k úbytku neurotransmiteru acetylcholinu. Dobrým zdrojem cholinu je právě lecitin. Lecitin se doporučuje i pro zmírnění deprese. Jako emulgátor nachází uplatnění v potravinářském průmyslu, např. při výrobě cukrovinek (Singh, 2010c).

3.4.7 Vitamin E

Vitamin E je směsicí čtyř různých forem tokoferolů a čtyř různých forem tokotrienolů, přičemž α -tokoferol se vyznačuje největší biologickou aktivitou. Tento vitamin je v sóji obsažen v relativně vysokém množství, okolo 1,8 mg ve 100 g jedlého podílu (Johnson et al., 2008c).

Z hlediska biochemické funkce lze vitamin E považovat za nejvýznamnější v tucích rozpustný antioxidant. Díky svým antioxidačním vlastnostem chrání před oxidací plazmatické lipoproteiny a polynenasycené mastné kyseliny v biologických membránách. Dostatečný příjem tohoto vitamínu působí příznivě v prevenci kardiovaskulárních onemocnění. V důsledku svých ochranných funkcí snižuje také riziko Parkinsonovy choroby a Alzheimerovy choroby (Komprda, 2003).

3.5 Sója a její vliv na zdraví člověka

3.5.1 Sója jako alergen

Potravinová alergie je imunologická reakce, kterou lze definovat jako stav přecitlivělosti organismu na určitou látku (Simpson, 2012; Komprda, 2009). Takováto látka se označuje jako alergen, ten reaguje s IgE protilátkami a vyvolává senzibilizaci, což je reakce organismu na přítomnost alergenu. Obvykle je senzibilizace vyvolána prostřednictvím degranulace žírných buněk a uvolněním histaminu (Maxwell, 2011). Kromě alergie zprostředkované IgE protilátkami se řadí mezi potravinové alergie i buňkami zprostředkovaná alergie, ta je konkrétně zprostředkována T-lymfocyty. Příznaky potravinové alergie zprostředkované IgE protilátkami se objeví během několika minut po tom, co jedinec požil potravinu, která obsahuje určitý alergen. Naopak příznaky alergie zprostředkované buňkami se mohou objevit až po několika hodinách až dnech. Obecně jsou hlavními potravinovými alergeny proteiny. Alergenní proteiny v potravinách mohou být enzymy, inhibitory enzymů, strukturní proteiny nebo vazebné proteiny s různými biologickými funkcemi (Simpson, 2012).

Sójové boby byly americkým Úřadem pro kontrolu potravin a léčiv (FDA, Food and Drug Administration) zařazeny mezi osm hlavních potravinových alergenů. Pokud je sója přidána do potraviny jako přísada, musí to být na obalu dané potraviny uvedeno (Simpson, 2012). Dva hlavní typy zásobních proteinů, β -konglycinin a glycinin, společně tvoří 70-80 % z celkového obsahu proteinů přítomných v sójových bobech. Právě tyto typy proteinů jsou potenciálními markery pro závažné alergické reakce na sóju (Maxwell, 2011). Hlavními alergenními proteiny pro citlivé jedince jsou v sójových bobech proteiny Gly m Bd 60K, Gly m Bd 30K (označovaný také jako P34) a Gly m Bd 28K, přičemž protein označovaný jako P34 je z uvedených alergenních proteinů považován za

nejdůležitější alergen, který je v sóji přítomen. Údajně více než 65 % jedinců postižených alergií na sóju reaguje hlavně na tento protein (Bagchi et al., 2010).

3.5.1.1 Prevalence, prahová hodnota a příznaky

Prevalence alergie na sóju je zhruba 0,3-0,4 %. Množství sójových proteinů, které u citlivých jedinců vyvolá alergickou reakci, není přesně známo. Uváděné prahové hodnoty se značně liší. U velmi citlivých jedinců stačí k vyvolání alergické reakce pouhých 0,0013 mg sójových proteinů. U jiných jedinců trpících alergií na sóju obdobnou reakci může vyvolat teprve např. až 500 mg sójových proteinů. Příznaky alergie na sóju, stejně jako je tomu u jiných potravinových alergenů, zahrnují kožní, respirační a gastrointestinální reakce (Simpson, 2012).

3.5.1.2 Vývoj hypoalergenních sójových výrobků

Sójové boby se zpracovávají na mnoho produktů, jako je např. sójový olej, sójová mouka, sójový lecitin, proteinový koncentrát, proteinový izolát, texturovaný sójový protein a mnoho dalších produktů, které mohou být součástí široké škály potravin. Alergenicitu takovýchto potravin je spojena s přítomností sójových proteinů. Není-li produkt vyrobený ze sóji vysoce rafinovaný (např. rafinovaný sójový olej), je pravděpodobné, že potravina, do níž byl sójový produkt přidán, obsahuje alergenní proteiny (Simpson, 2012).

Stále častěji se sójové produkty přidávají do různých potravin a tyto potraviny se tak stávají hrozbou pro jedince trpící alergií na sójové proteiny. Z tohoto důvodu se v poslední době řada vědeckých pracovníků zabývá vytvořením hypoalergenní sóji a výrobků z ní. Díky takovýmto výrobkům by i citliví jedinci mohli využít zdravotních přínosů, které poskytují fyziologicky účinné látky obsažené v sóji. Bylo zjištěno, že pomocí transgenů může být utlumena činnost genu zodpovědného za hromadění proteinu Gly m Bd 30K, aniž by se změnila vlastnosti a kvalita semen oproti sójovým bobům, které tento alergenní protein obsahují. Vědcům z Illinoiské univerzity se díky mikroorganismům podařilo snížit obsah alergenních proteinů v sóji až o 97 %. Nejlepšího výsledku bylo dosaženo prostřednictvím bakterie *Lactobacillus plantarum* (Bagchi et al., 2010).

3.5.2 Zdravotní přínosy

V mnoha studiích se ukázalo, že pravidelná konzumace sójových bobů a výrobků z nich může být pro lidské zdraví značně prospěšná. Důkazem jsou epidemiologické studie, v nichž bylo prokázáno, že v zemích, kde je vysoká spotřeba sójových výrobků, je nižší výskyt některých závažných onemocnění. Mezi země s nejvyšší spotřebou sójových výrobků na osobu patří Čína a Japonsko (Aluko, 2012). Vyšší spotřeba potravin obsahujících sóju souvisí s nižším výskytem chronických onemocnění, jako je kardiovaskulární onemocnění, diabetes mellitus 2. typu, rakovina a osteoporóza. Dosud však nejsou přesně objasněny mechanismy, jimiž některé z bioaktivních složek sóji ovlivňují zdravotní stav člověka (El-Shemy, 2011). Sója díky fytoestrogenům a jejich strukturální podobnosti s ženskými pohlavními hormony estrogeny má schopnost zmírnit symptomy menopauzy, např. noční návaly horka, pocení, nervozitu, únavu, podrážděnost (Singh, 2010c).

V říjnu roku 1999 FDA schválila zdravotní tvrzení týkající se spotřeby sójových bílkovin. Pro snížení rizika kardiovaskulárních chorob by měl být příjem sójových bílkovin alespoň 25 g denně, přičemž ve stravě by měl být zároveň nízký obsah nasycených mastných kyselin (Simpson, 2012). K přijetí sóji jako funkční potraviny pomohly právě zprávy a tvrzení o významu složek v ní obsažených, u nichž byly prokázány příznivé zdravotní účinky na organismus (Singh, 2010c). Zvýšení povědomí o zdravotních přínosech souvisejících s konzumací sóji vedlo ke zvýšení využívání sójových produktů (např. sójové mouky) do různých potravinářských výrobků (Bagchi et al., 2010).

3.5.2.1 *Kardiovaskulární onemocnění*

Nemoci oběhové soustavy jsou v České republice nejčastější příčinou úmrtí. Hlavní příčinou všech srdečně-cévních (kardiovaskulárních) onemocnění je ateroskleróza. Tu lze definovat jako mnoho let se vyvíjející a probíhající chronický proces degenerativních změn cévní stěny. Degenerací se v tomto případě rozumí úbytek až ztráta specializované funkce cévní stěny. Funkční tkáň je nahrazována nadměrným množstvím vaziva a dochází k ukládání tukových částic (Komprda, 2009).

Sójové isoflavony mohou přispět ke zdraví srdečně-cévního systému tím, že zlepší arteriální elasticitu. V důsledku toho dojde ke snížení krevního tlaku, čímž se zabrání vzniku onemocnění souvisejících s vysokým krevním tlakem. Za hlavní prospěšný účinek

sóji v prevenci kardiovaskulárních onemocnění se však považuje její schopnost snižovat sérový cholesterol, oxidaci lipidů a celkově tak zlepšovat kompletní lipidový profil (Aluko, 2012). Výsledky metaanalýzy vycházející z mnoha studií ukázaly, že konzumace sójových proteinů má za následek významný pokles celkového cholesterolu o 9,3 %, LDL cholesterolu o 12,9 % a triglyceridů o 10,5 %, a to v případě, že denní spotřeba sójového proteinu činí v průměru 47 g (Lee et al., 2005). Účinnost sójových proteinů v tomto případě byla vyšší u pacientů s hypercholesterolemií než u normocholesterolemických jedinců (Singh, 2010c). Jedním z významných rizikových faktorů aterosklerózy je mimo jiné i diabetes mellitus 2. typu, jenž právě úzce souvisí s lipidovým profilem jedince (Aluko, 2012).

3.5.2.2 **Rakovina**

Vznik a vývoj rakovinného onemocnění (karcinogeneze) je složitý několikastupňový proces, jenž je vyvolán mnoha faktory, z nichž řada je stále neobjasněných (Kalač, 2003). Proces karcinogeneze probíhá ve třech fázích: iniciace (mutace způsobující transformaci buňky), promoce (dělení transformované nádorové buňky) a progresse (nekontrolovatelné šíření nádoru, vznik metastáz) (Komprda, 2003).

V epidemiologických studiích se ukázalo, že v Číně a Japonsku je oproti západním zemím daleko nižší výskyt rakoviny, zejména rakoviny prsu a prostaty. Příčinou jsou zřejmě rozdíly ve způsobu životního stylu a ve způsobu stravování. Jelikož je v těchto zemích vysoká spotřeba sóji, tak se vědci již dlouhou dobu domnívají, že právě sója, respektive v ní obsažené látky mají antikarcinogenní účinky (Aluko, 2012). V sóji je obsaženo několik látek, u kterých byly zjištěny antikarcinogenní účinky, patří mezi ně isoflavony, saponiny, kyselina fytová a biologicky aktivní proteiny a peptidy (inhibitory proteáz, lektiny a lunasin) (Maxwell, 2011). Aluko (2012) uvádí, že ve studiích *in vitro* byly za pomoci extraktu sójových isoflavonů prokázány inhibiční účinky na růst nádorových buněk děložního čípku. Isoflavony působí antikarcinogenně prostřednictvím několika mechanismů, mezi něž patří antioxidační účinky, schopnost navodit apoptózu a také schopnost inhibovat buněčnou proliferaci u nádorových buněk. Díky obsahu fytoestrogenů je sója často spojována s prevencí hormonálně dependentních nádorů. Chemopreventivní vlastnosti však vykazují i další látky obsažené v sóji. Ve studiích *in vivo* se ukázalo, že inhibitory Bowmanova-Birkova typu mají schopnost potlačovat karcinogenní procesy v ústní dutině, jícnu a tlustém střevu (El-Shemy, 2011).

3.5.2.3 Osteoporóza

Osteoporóza je onemocnění, které postihuje převážně populaci vyššího věku, poměrně často se vyskytuje u žen po přechodu. Pro osteoporózu je charakteristický abnormální úbytek kostní hmoty, jenž souvisí se zvýšeným rizikem zlomenin. Toto onemocnění je důsledkem nerovnováhy mezi tvorbou a odbouráváním kostní hmoty. Dostatek vápníku v potravě a zároveň dostatek vitamínu D může nastolit rovnováhu mezi tvorbou a odbouráváním kostní hmoty, a to za součinnosti dvou druhů kostních buněk, které se nazývají osteoblasty a osteoklasty (Komprda, 2009). Tvorba účinné formy vitamínu D v postmenopauze klesá a tím se snižuje i využitelnost vápníku. Nastává postupná demineralizace kosti a vzniká tak postmenopauzální osteoporóza (Vrzáňová, Heresová, 2003).

V průběhu menopauzy dochází k poklesu produkce estrogenů, které mají pro zdraví kostí značný význam, zvyšuje se tak riziko vzniku osteoporózy (Duncan et al., 2003). Estrogeny jsou významným faktorem pro udržení kostní denzity. Na významu nabývají fytoestrogeny, které mají nejen estrogení účinky, ale zvyšují i přístupnost vitamínu D, stimuluji příjem vápníku a zvyšují proliferaci a diferenciaci osteoblastů (Stárka, 2011). Bylo zjištěno, že isoflavony účinně snižují ztrátu kostní hmoty u postmenopauzálních žen. Z observačních studií vyplynulo, že příjem sójových isoflavonů měl u žen v postmenopauze pozitivní účinky na kostní denzitu (Duncan et al., 2003).

3.5.2.4 Menopauza

Menopauza je období, kdy dochází k definitivnímu ukončení menstruace u žen. V tomto období výrazně klesá produkce ovariálních hormonů a objevují se známky estrogeního deficitu (Vrzáňová, Heresová, 2003). Úbytek estrogenu má za následek takové příznaky, jako jsou návaly horka, noční pocení, podrážděnost, bolesti kloubů a poruchy koncentrace. Fytoestrogeny přítomné v sóji mohou poskytnout úlevu od těchto menopauzálních symptomů. Z tohoto důvodu mohou být tyto přírodní látky využity k hormonální substituční terapii u žen v období menopauzy (Aluko, 2012).

4 ZÁVĚR

Výživa je jedním z mnoha faktorů, které významným způsobem ovlivňují zdravotní stav každého z nás. S příchodem systému výživy zahrnujícím funkční potraviny se mnozí konzumenti dozvěděli o přítomnosti prospěšných látek v některých potravinách a jejich potenciálních příznivých účincích na organismus. Avšak tento systém výživy ve většině případů oslovil jen ty, kteří dbají o své zdraví a snaží se žít plnohodnotný život bez zbytečných zdravotních komplikací způsobených nesprávnou stravou. Sója je jednou z funkčních potravin, které mohou významně ovlivnit fyzický, ale i duševní stav člověka. Je tomu tak díky celé řadě fyziologicky účinných látek, které jsou v ní obsaženy.

V současné době jsou sójové boby považovány za nejrozšířenější luštěninu na světě. Díky svému složení nacházejí široké uplatnění v potravinářském průmyslu, a tudíž i v lidské výživě. Dá se říct, že pravidelná konzumace sójových bobů a produktů z nich vyrobených je samozřejmostí ve většině asijských zemí, naproti tomu v západních zemích se sójové boby v jídelníčku člověka vyskytují jen velmi zřídka. To bylo také podmětem, na základě něhož na sebe sója strhla pozornost mnoha vědců, neboť bylo zjištěno, že u lidí konzumujících asijskou stravu je nízký výskyt kardiovaskulárních onemocnění, některých druhů rakoviny a také osteoporózy a u žen mírnější projevy menopauzy než u lidí, kteří konzumují výhradně západní stravu. V tomto směru stále probíhají rozsáhlé studie, ale spojitosti mezi sójou a lidským zdravím jsou již dnes více než zřejmé. Sójové boby jsou velmi bohatým zdrojem fytoestrogenů, zejména isoflavonů, které díky jejich estrogením účinkům představují možnou alternativu k hormonální substituční terapii žen v období menopauzy. Pro mnohé z nich by to znamenalo i značnou úlevu od nepříznivých projevů doprovázejících toto období.

V povědomí široké veřejnosti byla sója po dlouhou dobu zafixována jako jeden z hlavních alergenů a často je tak vnímána i dnes. Pro alergiky jistě představuje značné riziko, avšak pro osoby, které netrpí alergií na sóju, by tato luštěnina byla značným přínosem, neboť obsahuje řadu významných látek s příznivými účinky na organismus. V poslední době jsou i tendence pro vytvoření hypoalergenní sóji a sójových produktů, které by tak nepředstavovaly riziko pro alergické jedince. To je však zatím jen předmětem výzkumů. Nicméně jídelníček každého člověka by měl být pestrý a neorientovaný jen jedním směrem, a tudíž i sója by se měla stát součástí zdravé a chutné stravy každého jedince.

5 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ALUKO, R. E., 2012: *Functional foods and nutraceuticals*. New York: Springer, 155 s. ISBN 978-1-4614-3479-5.

BAGCHI, D., LAU, F. C., GHOSH, D. K., 2010: *Biotechnology in functional foods and nutraceuticals*. Boca Raton, Fla: CRC Press, 547 s. ISBN 9781420087123.

BALISTEIRO, D. M., ROMBALDI, C. V., GENOVESE, M. I., 2013: Protein, isoflavones, trypsin inhibitory and in vitro antioxidant capacities: Comparison among conventionally and organically grown soybeans. *Food Research International* [online], roč. 51, č. 1, s. 8-14 [cit. 2015-03-14]. Dostupné z WWW: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S096399691200484X>.

BARANYK, P., 2010: *Olejniny*. Praha: Profi Press, 206 s. ISBN 978-80-86726-38-0.

BENEŠOVÁ, L., 2000: *Potravinářství 6*. Praha: ÚZPI – Ústav zemědělských a potravinářských informací, 150 s. ISBN 80-727-1003-6.

CADENAS, E., PACKER, L., 2002: *Handbook of antioxidants*. 2nd ed. New York: Marcel Dekker, 712 s. ISBN 08-247-0547-5.

CEDERROTH, C. R., NEF, S., 2009: Soy, phytoestrogens and metabolism: A review. *Molecular and Cellular Endocrinology* [online], roč. 304, č. 1-2, s. 30-42 [cit. 2015-03-07]. Dostupné z WWW: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0303720709001397>.

CEDERROTH, C. R., ZIMMERMANN, C., NEF, S., 2012: Soy, phytoestrogens and their impact on reproductive health. *Molecular and Cellular Endocrinology* [online], roč. 355, č. 2, s. 192-200 [cit. 2015-03-07]. Dostupné z WWW: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0303720711007374>.

CORNWELL, T., COHICK, W., RASKIN, I., 2004: Dietary phytoestrogens and health. *Phytochemistry* [online], roč. 65, č. 8, s. 995-1016 [cit. 2015-03-05]. Dostupné z WWW: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0031942204001049>.

CROWE, K. M., FRANCIS, C., 2013: Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: Functional Foods. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics* [online], roč. 113, č. 8 [cit. 2015-02-23]. Dostupné z WWW: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2212267213006801>.

DOSTÁLOVÁ, J., KADLEC, P., 2014: *Potravinářské zbožíznalství: technologie potravin*. Vyd. 1. Ostrava: Key Publishing, 425 s. ISBN 978-80-7418-208-2.

DUNCAN, A. M., PHIPPS, W. R., KURZER, M. S., 2003: Phyto-oestrogens. *ScienceDirect* [online], roč. 17, č. 2 [cit. 2015-04-10]. Dostupné z WWW: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1521690X02001033>.

EL-SHEMY, H. A., 2011: *Soybean and Health*. InTech: Croatia, ISBN 978-953-307-535-8.

EUFIC, 2003: *European Food Information Council. Scientific Substantiation: A key ingredient for functional foods and health claims*. [online], [cit. 2014-10-27]. Dostupné z WWW: <http://www.eufic.org/article/en/nutrition/functional-foods/artid/scientific-substantiation-functional-foods-health-claims/>.

GIBSON, G. R., WILLIAMS, C. M., 2000: *Functional foods: Concept to product*. Cambridge: Woodhead Publishing, 374 s. ISBN 1-85573-503-2.

GILANI, G. S., ANDERSON, J. J. B., 2002c: *Phytoestrogens and health*. Champaign, Ill.: AOCS Press, 660 s. ISBN 1893997324.

HAVLÍK, J., MAROUNEK, M., 2013: *Živiny a živinové potřeby člověka: učebnice pro studenty ČZU v Praze*. 2. vyd. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 131 s. ISBN 978-80-213-2374-2.

HERNÁNDEZ-LEDESMA, B., LUMEN, B. O., 2008: Lunasin: A Novel Cancer Preventive Seed Peptide. *Perspectives in Medicinal Chemistry* [online], roč. 2 [cit. 2015-03-23]. Dostupné z WWW: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2746573/>.

HOWLETT, J., 2008: *Functional Foods: From science to health and claims*. [online], [cit. 2015-04-13]. ISBN 9789078637110. Dostupné z WWW: http://www.ilsa.org/Europe/Publications/C2008Func_FoodEng.pdf.

CHADWICK, R., 2003: *Functional foods*. Berlin: Springer Verlag, 218 s. ISBN 3-540-20120-3.

JOHNSON, I., WILLIAMSON, G., 2003: *Phytochemical functional foods*. Boca Raton, Fla.: CRC Press, 384 s. ISBN 08-493-1754-1.

JOHNSON, L. A., WHITE, P. J., GALLOWAY, R., 2008c: *Soybeans: chemistry, production, processing, and utilization*. Urbana, IL: AOCS Press, 842 s. ISBN 978-189-3997-646.

JORDÁN, V., HEMZALOVÁ, M., 2001: *Antioxidanty: zázračné zbraně: vitaminy, minerály, stopové prvky, aminokyseliny a jejich využití pro zdravý život*. Brno: Jota, 153 s. ISBN 80-7217-156-9.

KALACH, P., 2003: *Funkční potraviny: kroky ke zdraví*. České Budějovice: DONA, 130 s. ISBN 80-7322-029-6.

KASTNEROVÁ, M., 2012: *Poradce zdravého životního stylu*. České Budějovice: Nová Forma, 378 s. ISBN 978-80-7453-250-4.

KERESTEŠ, J., 2011: *Zdravie a výživa ľudí*. Bratislava: CAD Press, 1037 s. ISBN 978-80-88969-57-0.

KLEJDUS, B., MIKELOVÁ, R., PETRLOVÁ, J., POTĚŠIL, D., ADAM, V., STIBOROVÁ, M., HODEK, P., VACEK, J., KIZEK, R., KUBÁŇ, V., 2005: Determination of isoflavones in soy bits by fast column high-performance liquid chromatography coupled with UV – visible diode-array detection. *Journal of Chromatography A* [online], roč. 1084, č. 1-2, s. 71-79 [cit. 2015-04-10]. Dostupné z WWW: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021967305010423>.

KLEJDUS, B., VACEK, J., ADAM, V., ZEHNÁLEK, J., KIZEK, R., TRNKOVÁ, L., KUBAN, V., 2004: Determination of isoflavones in soybean food and human urine using liquid chromatography with electrochemical detection. *Journal of Chromatography B* [online], roč. 806, č. 2, s. 101-111. Dostupné z WWW: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1570023204002855>.

KLIMEŠOVÁ, I., STELZER, J., 2013: *Fyziologie výživy*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 177 s. ISBN 978-802-4432-809.

KOHOUT, P., 2010: *Potraviny - součást zdravého životního stylu*. Olomouc: SOLEN, 106 s. ISBN 978-808-7327-395.

KOMPRDA, T., 2003: *Základy výživy člověka*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 162 s. ISBN 80-7157-655-7.

KOMPRDA, T., 2008: *Funkční potraviny: cyklus přednášek*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 1 CD-ROM. ISBN 978-80-7375-219-4.

KOMPRDA, T., 2009: *Výživou ke zdraví*. Velké Bílovice: TeMi CZ, 110 s. ISBN 978-80-87156-41-4.

- KUMAR, V., RANI, A., DIXIT, A. K., PRATAP, D., BHATNAGAR, D., 2010: A comparative assessment of total phenolic content, ferric reducing-anti-oxidative power, free radical-scavenging activity, vitamin C and isoflavones content in soybean with varying seed coat colour. *Food Research International* [online], roč. 43, č. 1, s. 323-328 [cit. 2015-03-06]. Dostupné z WWW:
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996909003366>.
- KUNOVÁ, V., 2004: *Zdravá výživa*. Praha: Grada, 136 s. ISBN 80-247-0736-5.
- KOPŘIVA, V., 2014: *Vybrané kapitoly z biochemie potravin*. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 200 s. ISBN 978-80-7305-677-3.
- LEE, Yoon-Bok, LEE, H. J., SOHN, H. S., 2005: Soy isoflavones and cognitive function. *The Journal of Nutritional Biochemistry* [online], roč. 16, č. 11, s. 641-649 [cit. 2015-03-07]. Dostupné z WWW:
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0955286305001877>.
- MANDŽUKOVÁ, J., 2005: *Léčivá síla vitaminů, minerálů a dalších látek: praktický domácí rádce*. Benešov: Start, 267 s. ISBN 80-86231-36-4.
- MANN, J., TRUSWELL, A., 2007: *Essentials of human nutrition*. 3rd ed. New York: Oxford University Press, 599 s. ISBN 978-0-19-929097-0.
- MATTEN, G., GOGGINS, A., 2013: *Lži o zdraví: [jak dosáhnout výjimečného zdraví]*. V Brně: Jota, 329 s. ISBN 978-80-7462-315-8.
- MATTILA-SANDHOLM, T., SAARELA, M., 2003c: *Functional dairy products*. Cambridge: Woodhead Publishing, 395 s. ISBN 1-85573-584-9.
- MAXWELL, J. E., 2011: *Soybeans: cultivation, uses and nutrition*. Hauppauge, N.Y.: Nova Science Publishers, 508 s. ISBN 9781617617621.

MINDELL, E., MUNDIS, H., 2010: *Nová vitaminová bible: vitaminy, minerální látky, antioxidanty, léčivé rostliny, doplňky stravy, léčebné účinky potravin i léky používané v homeopatii*. Vyd. 3. Praha: Ikar, 572 s. ISBN 978-80-249-1419-0.

MORAVCOVÁ, J., 2008: Vliv fytoestrogenů na symptomy menopauzy a rakovinu prsu. *Interní medicína pro praxi* [online], roč. 10, č. 11 [cit. 2015-03-12]. Dostupné z WWW: <http://www.internimedicina.cz/artkey/int-200811-0007.php>.

OPLETAL, L., ŠIMERDA, B., 2010: *Přírodní látky a jejich biologická aktivita*. Praha: Výzkumný ústav živočišné výroby, 60 l. ISBN 978-80-7403-067-3.

PÁNEK, J., POKORNÝ, J., DOSTÁLOVÁ, J., KOHOUT, P., 2002: *Základy výživy*. Praha: Svoboda Servis, 207 s. ISBN 80-86320-23-5.

PANG, G., XIE, J., CHEN, Q., HU, Z., 2012: How functional foods play critical roles in human health. *Food Science and Human Wellness* [online], roč. 1, č. 1, s. 26-60 [cit. 2015-02-15]. Dostupné z WWW: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2213453012000055>.

PICKOVÁ, I., 2010: *Svět potravin a kouzlo biotechnologií: 24. letní škola*. Ostrava: Key Publishing, 116 s. ISBN 978-80-7418-069-9.

PREEDY, V. R., 2013: *Isoflavones: chemistry, analysis, function, and effects*. Cambridge, UK: RSC Pub. 683 s. ISBN 978-184-9734-196.

SALTER, A., WISEMAN, H., TUCKER, G., 2012: *Phytonutrients*. Hoboken: Wiley-Blackwell, 294 s. ISBN 9781405131513.

SIMPSON, B. K., 2012: *Food biochemistry and food processing*. 2nd ed. /. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell, 896 s. ISBN 978-081-3808-741.

SINGH, G., 2010c: *The soybean: botany, production and uses*. Cambridge, MA: CABI, 494 s. ISBN 1845936442.

STÁRKA, L., 2011: Fytoestrogenní přípravky v peri- a postmenopauze. *Interní medicína pro praxi* [online], roč. 13 č. 7-8 [cit. 2015-03-14]. Dostupné z WWW: <http://www.internimedicina.cz/pdfs/int/2011/07/06.pdf>.

STRATIL, P., KLEJDUS B., KUBÁŇ, V., 2006: Determination of Total Content of Phenolic Compounds and Their Antioxidant Activity in Vegetables-Evaluation of Spectrophotometric Methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [online], roč. 54, č. 3, s. 607-616 [cit. 2015-03-03]. Dostupné z WWW: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf052334j>.

STRUNECKÁ, A., PATOČKA, J., 2006: Kyselina fytová a naše zdraví. In: *TOXICOLOGY* [online], [cit. 2015-03-22]. Dostupné z WWW: <http://www.toxicology.cz/modules.php?name=News&file=article&sid=56>.

SUCHÁNEK, P., 2003: *Víte, co máte na talíři?: co si koupit k jídlu a pití. Nejnovější pohledy na zdravou výživu*. Líbeznice: Víkend, 96 s. ISBN 80-7222-310-0.

URUAKPA, F. O., 2012: *Bioactive molecules in plant foods*. New York: Nova Science Publishers, 205 s. ISBN 978-1-62081-515-1.

VACEK, J., KLEJDUS, B., LOJKOVÁ, L., KUBÁŇ, V., 2008: Current trends in isolation, separation, determination and identification of isoflavones: A review. *Journal of Separation Science* [online], roč. 31, č. 11, s. 2054-2067 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z WWW: <http://doi.wiley.com/10.1002/jssc.200700569>.

VACEK, J., KLEJDUS, B., LOJKOVÁ, L., KUBÁŇ, V., 2008: Moderní instrumentální metody studia isoflavonů. *Česká a Slovenská Farmacie*, sv. 57, č. 2, s. 85-94. ISSN 1210-7816.

VELÍŠEK, J., HEJŠLOVÁ, J., 2009b: *Chemie potravin 2*. OSSIS, Tábor, 623 s. ISBN 978-80-86659-16-9.

VELÍŠEK, J., 2002: *Chemie potravin 3*. Vyd. 2. upr. OSSIS, Tábor, 343 s. ISBN 50-86659-02-x.

VERMA, D. P. S., SHOEMAKER, R. C., 1996: *Soybean: genetics, molecular biology, and biotechnology*. Wallingford: CAB International, 270 s. Biotechnology in agriculture series, 14. ISBN 0851989845.

VRZÁŇOVÁ, M., HERESOVÁ, J., 2003: *Fytoestrogeny. Interní medicína pro praxi* [online], roč. 5, č. 9 [cit. 2015-03-12]. Dostupné z WWW: <http://www.internimedicina.cz/artkey/int-200309-0004.php>.

VUCENIK, I., SHAMSUDDIN, A. M., 2003: *Cancer Inhibition by Inositol Hexaphosphate (IP6) and Inositol: From Laboratory to Clinic. JN THE JOURNAL OF NUTRITION* [online], roč. 133, č. 11 [cit. 2015-03-22]. Dostupné z WWW: <http://jn.nutrition.org/content/133/11/3778S.short>.

WATSON, R. R., ZIBADI, S., PREEDY, V. R., 2010: *Dietary components and immune function*. New York: Humana Press, 693 s. Nutrition and health (Totowa, N. J.). ISBN 16-076-1061-2.

WILDMAN, R. E., 2007c: *Handbook of nutraceuticals and functional foods*. 2nd ed. Boca Raton: CRC/Taylor, 541 s. ISBN 978-084-9364-099.

WINKLEROVÁ, D., 2009: *Funkční potraviny a legislativa. Výživa a potraviny*. [online], [cit. 2014-10-27]. Dostupné z WWW: <http://www.vyzivaspol.cz/clanky-casopis/funkcni-potraviny-a-legislativa.html>.

WUTTKE, W., JARRY, H., SEIDLOVÁ-WUTTKE, D., 2007: *Isoflavones – Safe food additives or dangerous drugs? Ageing Research Reviews* [online], roč. 6, č. 2, s. 150-188 [cit. 2015-03-12]. Dostupné z WWW: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1568163707000220>.

YILDIZ, F., 2006: *Phytoestrogens in functional foods*. Boca Raton: CRC Press, 320 s.
ISBN 978-157-4445-084.

6 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Seznam obrázků

Obr. 1 Kyselina askorbová – donor elektronů	20
Obr. 2 Strukturní podobnost 17 β -estradiolu a genisteinu	30
Obr. 3 Čtyři hlavní formy sójových isoflavonů	32
Obr. 4 Struktura tří hlavních isoflavonů přítomných v sóji.....	32
Obr. 5 Dráha absorpce, metabolismu a vylučování isoflavonů	34
Obr. 6 Struktura kyseliny fytové	37
Obr. 7 Struktura sojasapogenolu A, B a E.....	39

Seznam tabulek

Tab. 1 Doba, po níž se projeví účinky složek funkčních potravin	13
Tab. 2 Vlivy vlákniny na lidský organismus	22
Tab. 3 Doporučený denní příjem kyseliny listové podle věkových skupin	25
Tab. 4 Základní složení a energetická hodnota sójových bobů.....	29

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

AA – arachidonová kyselina

BBI – inhibitory Bowmanova-Birkova typu

ČR – Česká republika

DHA – dekosahexaenová kyselina

DNA – deoxyribonukleová kyselina

EC – Evropská komise

EPA – eikosapentaenová kyselina

ER – estrogenní receptory

EU – Evropská unie

FDA – Food and Drug Administration

FUFOSE – Functional Food Science in Europe

HIV – Human Immunodeficiency Virus

IgE – imunoglobulin E

ILSI – International Life Science Institute

IP₆ – inositolhexakisfosfát

KI – inhibitory Kunitzova typu

LDL – lipoproteiny o nízké hustotě

MUFA – monounsaturated fatty acid

PASSCLAIM – Process for the Assessment of Scientific Support for Claims on Foods

PUFA – polyunsaturated fatty acid

SERM – selektivní modulátory estrogenních receptorů