

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra Chemie



Klady a zápory konzumace sóji a sójových výrobků

Bakalářská práce

Autor práce: Štěpánka Kozáková

Obor studia: Výživa a potraviny ATZD

Vedoucí práce: doc. Ing. Alena Hejtmánková, CSc.

© 2019 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Klady a zápory konzumace sóji a sójových výrobků" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 16.04.2019

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala doc. Ing. Aleně Hejtmánkové, CSc. za odborné vedení, rady, informace, připomínky, trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování bakalářské práce věnovala. Děkuji také mé rodině a přátelům, kteří mi byli oporou.

Klady a zápory konzumace sóji a sójových výrobků

Souhrn

Sója luštinatá (*Glycine max*) je nutričně významná luštěnina neboli luskovina, patřící do čeledi bobovitých (*Fabaceae*). Původem pochází z jihovýchodní Asie. Do Evropy a Ameriky byla dovezena v 18. stoletím a pomalým tempem se začala rozšiřovat. Mezi největší pěstitele sóji patří Asie, Afrika a Amerika.

Plody sóji se nazývají sójové boby a vynikají vysokým obsahem bílkovin (35 %), jsou bohaté na esenciální aminokyseliny, přesto kvůli chybějícím sirným aminokyselinám, tj. methionin a cystein, nedokáže sója plnohodnotně nahradit maso. Konzumace sójových výrobků je spjata se stravováním vegetariánů a veganů, pokud se však zkombinují sójové bílkoviny s jinými rostlinnými bílkovinami, může být konzumace masa zcela vyřazena ze stravy.

Zastoupení tuků v sójových bobech tvoří cca 20 %, proto se z nich vyrábí sójový olej, který obsahuje více nenasycených mastných kyselin než nasycených, a proto je více zdraví prospěšný než jiné rostlinné oleje. Sacharidy, přestože jsou v sójových bobech zastoupeny cca 27 %, netvoří z hlediska výživy významnou složku, protože jsou těžce stravitelné a nevyužitelné. Mimo to se v sóje vyskytují mikronutrienty, jako jsou vitamíny skupiny B, prekursor vitamínu A, vitamín C, vitamín E a vitamín K. Z minerálních látek je to především Ca, P, Zn, Mg, Fe, K a Na.

Jedna z nevýhod spojená s konzumací sóji je její obsah antinutričních látek, mezi ně se řadí inhibitory proteáz, fytoestrogeny, saponiny, oligosacharidy a goitrogeny.

Ze sójových bobů se vyrábí krmiva pro hospodářská zvířata a sójové produkty, které se vyznačují dobrým zdrojem makronutrientů a mikronutrientů. Právě díky dobré nutriční hodnotě stoupl zájem o sójové produkty a zvýšila se i jejich spotřeba. Mezi sójové produkty patří sójová mouka, sójové mléko, tempeh, miso, natto, tofu atd.

Fermentace je metoda, která se běžně používá pro výrobu sójových produktů. Principem fermentace sójových produktů je využití mikroorganismů, jako jsou kmeny *Bacillus subtilis* a *Aspergillus*.

Klíčová slova: sója, makronutrienty, mikronutrienty, antinutriční látky, sójové produkty

The pros and cons of consuming soybeans and soy products

Summary

The soybean (*Glycine max*) is nutritionally significant species of legume, from family of *Fabaceae*. It originally comes from Southeastern Asia. The soybean was imported to Europe and America in 18th century and slowly started to spread all over these continents. The biggest producers of the soybean are Asia, Africa and America.

The fruit of soybean contains significantly high amount of protein (35 %), it is rich on essential amino acids. Because of the lack of sulphuric acids, precisely methionine and cysteine, the soybean can not fully substitute the meat. Consumption of soy products is linked to the diet of vegetarians and vegans. On the other hand, if we mix the soy proteins with other plant proteins, the consumption of meat can be wholly eliminated from the person's diet.

Raw beans are 20 % fat, therefore the soybean oil is made out of it. The soybean oil contains more unsaturated fatty acids than saturated fatty acids and that is why it is more health beneficial than the other vegetable oils. Carbohydrates make 27 % of the soybean, it does not form a significant part in one's nutrition because they are hard to digest and unusable. Apart from that, micronutrients can be found there, such as vitamins B, precursors of vitamin A, vitamin C, E and K. When it comes to minerals we can state above all: Ca, P, Zn, Mg, Fe, K and Na.

One of the disadvantages of consumption of soybean is its contain of antinutritional agents, amongst which we assign inhibitors of proteases, phytoestrogens, saponins, oligosaccharides and goitrogens.

From soybeans we produce feeding mixture for farm animals and other soy products, which are significant by high contain of micronutrients and macronutrients. Regarding to good nutritional value the interest in soy products and its consumption has risen. Among the soy products belong soy flour, soy milk, tempeh, miso, natto, tofu and others.

Fermentation is a method commonly used to produce soy products. Principle of fermentation of soybeans is the usage of microorganisms such as *Bacillus subtilis* and *Aspergillus*.

Keywords: soybean, macronutrient, micronutrient, antinutritional agents, soy products

Obsah

1	Úvod.....	11
2	Cíl práce.....	12
3	Sója Luštinatá (<i>Glycine max</i>).....	13
3.1	Historie sóji	13
3.2	Botanické zařazení a označení	13
3.3	Charakteristika luskovin	13
3.4	Obecná charakteristika sóji.....	14
3.4.1	Geneticky modifikovaná sója	15
4	Chemické složení sóji.....	16
4.1	Voda	16
4.2	Bílkoviny	17
4.2.1	Vliv sójových bílkoviny na cholesterol	18
4.3	Tuky	19
4.3.1	Fosfolipidy	20
4.3.2	Sójový olej	21
4.3.3	Vliv konzumace tuků na lidské zdraví	22
4.4	Sacharidy	23
4.5	Vitamíny	24
4.6	Minerální látky	25
4.7	Antinutriční látky.....	26
4.7.1	Inhibitor trypsinu	26
4.7.2	Fytoestrogeny	27
4.7.3	Fytosteroly	29
4.7.4	Saponiny.....	29
4.7.5	Lektiny.....	30
4.7.6	Goitrogenní látky	31
4.7.7	Purinové látky	32
5	Sójové produkty.....	33
5.1	Sójové mléko.....	33
5.2	Tofu a výrobky z tofu	35
5.3	Sójová omáčka	36
5.4	Tempeh.....	37
5.5	Miso.....	40
5.6	Natto	40
5.7	Sójová mouka.....	41

5.8	Sójový olej a lecithin.....	42
6	Vyhodnocení dotazníku a rozbor výsledků	43
6.1	Otázka č.1: Jakého jste pohlaví?	43
6.2	Otázka č.2: Kolik je vám let?	43
6.3	Otázka č.3: Jaké máte vzdělání?.....	44
6.4	Otázka č.4: Jaký máte typ zaměstnání?	44
6.5	Otázka č.5: Znáte hospodářskou rostlinu sóju luštinatou?	45
6.6	Otázka č.6: Do jakého rostlinného druhu se sója řadí?	45
6.7	Otázka č.7: Která z živin je v sóje nejvíce zastoupená?.....	46
6.8	Otázka č.8: Myslíte si, že sója dokáže plnohodnotně nahradit maso?	46
6.9	Otázka č.9: Obsahuje sója esenciální mastné kyseliny?	47
6.10	Otázka č.10: Pěstuje se sója v ČR?	47
6.11	Otázka č.11: Jak často konzumujete sóju nebo sójové výrobky?	48
6.12	Otázka č.12: Konzumujete syrovou sóju?	48
6.13	Otázka č.13: Jaké konzumujete sójové výrobky?	49
6.14	Otázka č.14: Myslíte si, že sója obsahuje škodlivé látky?	49
6.15	Otázka č.15: Měla by se sója více zakomponovat do jídelníčku?	50
6.15.1	Celkové vyhodnocení dotazníku	50
7	Závěr	52
8	Literatura.....	54
9	Seznam použitých zkratk a symbolů	60

1 Úvod

Sója luštinatá (*Glycine max*) patří do čeledi bobovitých rostlin (*Fabaceae*). Sója je jednoletá rostlina původem z Asie. Řadí se mezi luštěniny neboli luskoviny. Má široké použití jako potravina, krmivo pro hospodářská zvířata i jako surovina pro potravinářský a zpracovatelský průmysl. Její název pochází z japonského „šóju“ (sójová omáčka). Za významné konzumenty se označují obyvatelé asijských a afrických zemí, ovšem největším pěstitelem je Amerika, díky svým velkým sójovým plantážím. Počátek pěstování sóji v České republice se datuje ke konci 19. století. V té době byly ovšem výnosy velmi nízké. V dnešní době se rozloha sóji na území České republiky pohybuje kolem 3100 ha a současný výnos činí 1,5–2,5 tuny na hektar.

Sója je velmi zajímavá rostlina. Plody sóji se nazývají sójové boby a vynikají vysokým obsahem bílkovin a zastoupením téměř všech esenciálních aminokyselin, přesto kvůli chybějícím sirným aminokyselinám nedokáže sója plnohodnotně nahradit maso. Sójové boby jsou mimo bílkovin také bohaté na tuky. Ty v sójových bobech tvoří hlavní energetickou složku. Sójové boby neslouží hlavně ke konzumaci, ale vyrábí se z nich kvalitní sójový olej. Třetí složkou jsou sacharidy. Představují nevyužitelnou a nestravitelnou část sóji.

Ze sóji se vyrábí různé sójové výrobky, jako je sójová mouka, sójové mléko, tofu, tempeh, miso, natto, sójová omáčka a další. Tyto produkty hrají hlavní roli ve výživě spíše vegetariánů a veganů. K typickým kupujícím sójových výrobků patří vedle vegetariánů a fanoušků asijské kuchyně stále větší okruh spotřebitelů všech věkových skupin, pro které jsou sójové výrobky podstatnou součástí zdravé výživy a životního stylu. Důležitou cílovou skupinou jsou také alergici, trpící alergií na bílkoviny z kravského mléka, kteří nesnášejí konvenční mléčné výrobky. Konzumace sójových bobů má však i své nevýhody v důsledku přítomnosti nepříznivých látek, které se souhrně nazývají antinutriční látky. Nejznámější z nich jsou fytoestrogeny a strumigenní látky.

2 Cíl práce

Cílem práce je podat ucelený literární přehled o významu sóji a sójových výrobků ve výživě obyvatelstva České republiky se zaměřením na klady i zápory konzumace sóji a současně i na možnosti jejích kulinárních úprav.

3 Sója Luštinatá (*Glycine max*)

3.1 Historie sóji

Sója je prastará kulturní polní plodina, která pochází z jihovýchodní Asie. Začala se pěstovat už před naším letopočtem a první písemné zmínky zasahují až do Čínské říše, konkrétněji do její severní části. Do Evropy a Ameriky přišla v 18. stoletím a pomalým tempem se začala rozšiřovat. V 21. století se stala plnohodnotnou významnou polní plodinou, hlavně pro většinu asijských zemí a dalších zemí s vysokou hustotou zalidnění (Dostálová 2017).

3.2 Botanické zařazení a označení

Soubor rostlin a jejich plody jako jsou hrách, fazol, čočka, cizrna, bob, podzemnice, vikev, arašídý ale právě i sója se řadí do luštěnin neboli luskovin. Mezi názvem luskoviny a luštěniny je jeden zásadní rozdíl, a to, že luskovina je celá rostlina a luštěnina (anglicky pulses nebo legumes) je pouze semeno rostliny. Luskoviny patří do čeledi bobovitých (*Fabaceae*). Jedná se o jednoleté rostliny, kam se začleňuje až 19000 druhů zařazených asi v 750 rodech. Uplatnění v potravinářském průmyslu má cca 60 domestikovaných druhů, ale pouze malá část z nich je rozšířena. Velkým význam ve výživě člověka mají luskoviny v asijských a afrických zemích. Díky sušším oblastem jsou tam lepší podmínky pro pěstování sóji, fazolu, cizrny a vigny. V ČR jsou vhodnější podmínky pro rostliny, jako jsou bob a hrách, které mají raději chladnější a vlhčí oblasti (Dostálová 2014).

3.3 Charakteristika luskovin

Luskoviny zaujímají výjimečné postavení v ekosystému orné půdy. Mají schopnost žít v symbióze s bakteriemi rodu *Rhizobium*, které mají tendenci fixovat vzdušný dusík. Tím se zařazují mezi rostliny, které zvyšují úrodnost a jsou výbornými předplodinami. Celkově všechny druhy z čeledi bobovitých (*Fabaceae*) vynikají touto vlastností (Petr & Louda 1998).

Jejich výjimečnost je dána vysokým obsahem bílkovin v semenech a vysokým obsahem esenciálních aminokyselin, přesto je jejich biologická hodnota nižší než u bílkovin živočišného původu. Některé druhy se řadí do olejnin, protože jsou charakteristické vysokým obsahem tuku (sója, podzemnice olejná). Mezi další významné složky patří vláknina, škrob, vitaminy skupiny B a minerální látky. Zápornou stranou luskovin je obsah některých antinutričních látek (Petr & Louda 1998).

Celosvětová spotřeba luskovin se pohybuje od 1 do 25 kg na osobu za rok. V posledních letech byla zaznamenána vyšší spotřeba v Indii, která se pohybuje kolem 30 kg na osobu za rok. V České republice je velmi nízká spotřeba, která se pohybuje kolem 1–2 kg na osobu za rok. Konzumace luštěnin a jejich produkty se připravují ve formě zralých, suchých nebo nezralých semen, či lusků jako zelenina (Petr & Louda 1998). Je prokázáno, že luštěniny nutričně doplňují jídla z obilnin. Vhodný poměr obilnin s luskovinami vytvoří z hlediska kvality stravy příznivě vyvážený obsah bílkovin (Jambunathan et al. 1991).

Většina luštěnin obsahuje fytochemikálie, do kterých patří bioaktivní sloučeniny, včetně enzymových inhibitorů, fytohemaglutininů (lektinů), fytoestrogenů, oligosacharidů, saponinů a fenolických látek, které hrají metabolickou roli u lidí, kteří často konzumují luštěniny nebo potraviny, které je obsahují. Optimální příjem fytochemikálií může poskytnout zdravotní přínos člověku. Chrání jej před chorobami nebo poruchami, jako je koronární onemocnění srdce, cukrovka, vysoký krevní tlak a zánět (Bouchenak & Lamri-Senhadji 2013).

3.4 Obecná charakteristika sóji

Z botanického hlediska patří mezi luskoviny-luštěniny, ale způsobem zpracování se řadí do olejnin. Sójové boby jsou výjimečné svým vysokým obsahem bílkovin a tuků. Mají vysokou energetickou hodnotu, která se pohybuje kolem 1900 kJ (cca 450 kcal/ 100 g sóji). Ve světě má sója a sójové produkty široké uplatnění. Jeden z hlavních produktů, který má význam především pro potravinářské účely, je olej (Dostálová 2017).

Chemické složení sójového bobu vyjadřuje významný vysoký podíl bílkovin, které mají nižší biologickou hodnotu než živočišné bílkoviny. Lipidy tvoří energeticky bohatou složku sóji, skládají se především z polyenových nenasycených mastných kyselin a fosfolipidů. Dále sója obsahuje vitamíny, který fungují na principu biokatalyzátorů. Největší zastoupení z vitamínů rozpustných ve vodě mají B₁-thiamin a B₃-niacin. Z vitamínů rozpustných v tucích je to vitamín E (tokoferol). Mezi nejvýznamnější minerální látky patří vápník, fosfor, hořčík a železo (Kadlec et al. 2002).

Přirozenou složkou sóji jsou antinutriční látky, které snižují nutriční hodnotu rostlin a potravin. Jsou to inhibitory proteáz, trypsin, lektiny, taniny (trísloviny), fytová kyselina, goitrogeny, antivitaminy, saponiny, fytoestrogeny, nestravitelné oligosacharidy, látky purinové, šťavelany aj. (Kadlec et al. 2002).

Sója je považována za jednu z nejstarších kulturních plodin obdobně jako pšenice, ječmen, proso, rýže, hrách a čočka. Světová produkce neustále stoupá v roce 2001 činila kolem 177 milionů tun a v roce 2017/2018 činí kolem 348 milionů tun. Mezi největší producenty sóji patří USA, Brazílie, Argentina, Čína a Indie. USA a Brazílie ročně vyprodukují přes 100 milionů tun, Argentina o polovinu méně, Čína a Indie mají nejmenší produkci, a to kolem 10 milionů tun ročně (Brát 2002).

Největší pěstitelé se zabývají otázkami pěstování sójových bobů a jeho vlivem na životní prostředí. Sójové boby představují mohutný dopad na biodiverzitu v Brazílii a dalších zmiňovaných zemích. Dochází ke zmenšování přirozeného prostředí pro zvířata, a proto se řeší otázky, jak vytyčit hranice pěstování sóji, snížit až odstranit dotace, aby nedocházelo k rozšiřování sóji, a s tím spojeného dopadu expanze sóji na životní prostředí (Fearnside 2001).

3.4.1 Geneticky modifikovaná sója

V geneticky modifikovaném organismu dochází k vytvoření nových vlastností. Hlavním principem je do určitého organismu vnést izolovaný gen z jiného organismu, tím dojde ke změně genetické informace, což se označuje jako transgeneze. Tam vzniknou modifikované neboli transgenní druhy. Hlavním tématem dnešní doby jsou transgenní zemědělské plodiny, mezi ně se řadí sója, borambory, tabák, kukuřice nebo řepka olejná. V EU musí mít GMO potraviny označení. V USA je označení GMO potravin dobrovolné (Ahmed 2002).

Rizika jsou spojená s obavami spotřebitelů, kteří mají nedůvěru v geneticky modifikované organismy, což přispělo k diskusi ohledně působení na životní prostředí a bezpečnost veřejného zdraví (Ahmed 2002).

Mezi rizika spojená s GMO patří: alergie, ničení zemědělské činnosti, rezistence vůči antibiotikům a gastrointestinální problémy (Ahmed 2002).

4 Chemické složení sóji

4.1 Voda

Obsah vody závisí na chemickém složení potravinářských surovin, způsob jejich zpracování a skladování. Luštěniny mají 10–12 % vody, to platí i pro syrové boby, které mají kolem 10 % vody, avšak neplatí to pro produkty vytvořené ze sóji. Zastoupení vody v sójových bobech a sójových výrobcích zobrazuje Tabulka č.1 (Velíšek 2002).

Tabulka č.1: Obsah vody v sóje a sójových výrobcích (Velíšek 2002).

Sója	Obsah vody [%]
Surové boby	10
Boby po máčení ve vodě (1 hod.)	35
Boby po máčení ve vodě (10 hod.)	60
Vařené boby	71
Sójová mouka	8
Tofu	85
Sójové mléko	92
Sójová omáčka	63
Texturované sójové bílkoviny suché	9
Texturované sójové bílkoviny máčené ve vodě (1 hod.)	65
Texturované sójové bílkoviny máčené ve vodě (10 hod.)	73
Vařené texturované sójové bílkoviny	79

4.2 Bílkoviny

Sója je jediná rostlina, která obsahuje kompletní bílkoviny, což znamená, že je přítomno téměř všech nezbytných aminokyselin potřebných pro lidské zdraví. Největší zastoupení z esenciálních aminokyselin má glycin, které dosahuje až 36 %. V sóje však chybí sirné aminokyseliny, tj. methionin a cystein. V důsledku nedostatku sirných aminokyselin nemohou sójové bílkoviny plnohodnotně nahradit živočišné bílkoviny. Aby se z jídelníčku mohly postupně vyřazovat živočišné bílkoviny, musí se sójové bílkoviny správně zkombinovat s celkově méně hodnotnými rostlinnými bílkoviny, které mají vyšší zastoupení sirných aminokyselin, jako je pšenice nebo kukuřice, a tím se vytvoří stejně ideální složení aminokyselin odpovídající živočišným bílkovinám (Dostálová 2017).

Sójové boby jsou především v asijských zemích důležitým zdrojem bílkovin. Obsahují asi 40 % bílkovin v sušině. Používají se v různých formách, jako je sójový sýr (tofu), fermentovaná sójová pasta (miso), fermentovaná sója s mucilaginózní látkou (natto), sušené atd. Sójové bílkoviny mají řadu výhod. Jednou z hlavních výhod je jejich dobrá rovnováha ve složení aminokyselin. Dále obsahují fyziologické přínosné látky, u kterých je prokázáno, že snižují hladinu cholesterolu, riziko hyperlipidemie a kardiovaskulárních onemocnění. Také mají vynikající schopnost tvořit gel a být na něj zpracovány, dále emulgační schopnost a schopnost udržování tuku (Nishinari et al. 2014).

Sójové boby se doporučuje před použitím tepelně opracovat. Tím dochází k deaktivaci fyziologicky škodlivých látek, jako je inhibitor trypsinu a hemaglutininu, který indukuje denaturaci sójových bílkovin, v důsledku denaturace dojde ke změknutí tkáně neboli povrchového obalu sóji, odstraní se nebo sníží zápach syrové sóji a jak je obecně známo dojde ke sterilizaci (Nishinari et al. 2014).

Snížením teploty dochází k odstranění oleje, a tím se získá bílkovinný izolát, který se široce uplatňuje v potravinářském průmyslu. Sójové bílkoviny se získávají extrakcí sójových bobů vodou, při níž se rozdělují na globulinovou a syrovátkovou frakci okyselením při pH 4,5 až 4,8. Globulin včetně syrovátkových bílkovin tvoří 9 až 15,3 % sójových bílkovin. Syrovátkové bílkoviny se skládají z lipoxygenázy, β -amylázy, lektinu a Kunitzinových trypsinových inhibitorů. Procentuální podíl syrovátkových bílkovin v kyselých vysrážených globulinech není známý. Izolát sójových bílkovin (SPI) je směs různých bílkovin a hlavní složky jsou rozděleny do čtyř bílkovinných frakcí podle jejich sedimentačních koeficientů 2S, 7S, 11S a 15S, to znamená, že jednotlivé bílkovinné frakce sedimentují při různých gravitačních silách. Zastoupení aminokyselin v sóje je uvedeno v Tabulce č.2 (Nishinari et al. 2014).

Tabulka č.2: Obsah aminokyselin v sóje (g/16 g dusíku) (Velíšek 2002).

Aminokyseliny	Sója luštěinatá	Aminokyseliny	Sója luštěinatá	Aminokyseliny	Sója luštěinatá
Ala	4,3	His	2,5	Ser	5,1
Arg	7,2	Ile	4,5	Thr	3,9
Asx	11,7	Lys	6,4	Trp	1,3
Cys	1,3	Met	1,3	Tyr	3,1
Glx	18,7	Phe	4,9	Val	4,8
Gly	4,2	Pro	5,5	Limitující AA	sírné, Val

4.2.1 Vliv sójových bílkoviny na cholesterol

Na základě meta analýzy, jejímž cílem bylo zjistit vztah mezi konzumací sójových bílkovin a koncentrací lipidů v séru u lidí, bylo zjištěno, že rostlinné bílkoviny včetně sójových bílkovin snižují celkový obsah cholesterolu oproti živočišným bílkovinám. Mnoho klinických studií zkoumalo účinky sójových bílkovin na lidské sérum lipidů. Výsledky byli stabilní pouze v pokusech se zvířaty. Ve výzkumu byly použity různé sójové produkty s odlišným obsahem sójových bílkovin. Konzumací sójových bílkovin byla prokázána snížená hodnota aterosklerózy a hypercholesterolémie, což vede k menším výskytům kardiovaskulárního onemocnění (Anderson et al. 1995).

Potvrzuje to i výzkum Gonciulea a Sellmeyera (2017), kteří porovnávali účinek různého stravování. Tato studie zahrnovala dvě diety na bázi živočišných bílkovin a dvě diety na bázi rostlinných bílkovin. Jedna ze dvou diet na rostlinných bílkovinách se soustředila na sóju a druhá na směs rostlinných bílkovinných zdrojů, kde sója byla vyloučena. Výsledek poukázal na skutečnost, že dieta na bázi rostlinných bílkovin značně přispívá na snížení LDL cholesterolu. Nicméně byl zjištěn 5 % rozdíl mezi dvěmi rostlinnými dietami ve prospěch sóji. Důležité je zmínit, že sója i podle meta analýzy snižuje hladinu LDL cholesterolu o 4 % až 6 % (Jenkins 2017).

4.3 Tuky

Tuky jsou plnohodnotným zdrojem energie (cca 38 kJ, tj. 9 kcal na 1 gram), a zároveň jsou nositelem chuti, proto dodávají jídlu určitou jemnost (Vránová 2013). Společně s bílkovinami jsou nutričně významnou složkou sóji. Tuk se v sójových bobech nachází především v kotyledonu a hypokotylech. Zatímco nejvyšší obsah tuku mají arašídý, a to až kolem 48 % tuku, semeno sóji obsahuje cca 20 % tuku v sušině. Podle obsahu tuku se však sója řadí na druhé místo mezi všemi jedlými luštěninami (Henderson 2016).

V sójových bobech jsou zastoupeny jak nasycené, tak nenasycené mastné kyseliny (Tabulka č.3), důležitý je jejich poměr. Nízký obsah vykazují nasycené mastné kyseliny, a to kolem 15,5 %, převážně palmitová a stearová kyselina. Naopak vysoký obsah vykazují nenasycené mastné kyseliny cca 85,5 %, mezi nimiž olejová kyselina tvoří 21 % a polynenasycené kyseliny 60 %. Těchto 60 % je složeno z 53 % linolovou kyselinou neboli n-6 mastnou kyselinou a 7 % α -linolenovou kyselinou neboli n-3 mastnou kyselinou (Henderson 2016).

Tabulka č.3: Složení mastných kyselin v sóje a dalších plodinách (% hmotnostní)
(Henderson 2016).

	Sója (<i>Glycine max</i>)	Slunečnice (<i>Helianthus annuus</i>)	Arašídý (<i>Arachis hypogaea</i>)	Řepka olejná (<i>Brassica napus</i>)
Obsah oleje v semenech [%]	18–23	25–30	42–52	40
Bod tuhnutí [°C]	-13	-19	0	-1
Nasycené mastné kyseliny				
Palmitová kyselina (16:0)	10	6,5	10	4
Stearová kyselina (18:0)	5	5	3	1,5
Eikosapentaenová kyselina (20:0)	0,5	0,5	1,5	0,5
Dokosaheptaenová kyselina (22:0)	0	0	3	0
Nenasycené mastné kyseliny				
Olejová kyselina (18:1)	21	23	41	63
Linolová kyselina (18:2)	53	63	35,5	20
Linolenová kyselina (18:3)	7	<0,5	0	9
Eikosenová kyselina (20:1) a eikosadienová kyselina (20:2)	3,5	1	1	1
Eruková kyselina (22:1)	0	0		0,5

4.3.1 Fosfolipidy

V sójových bobech jsou poměrně bohatě zastoupeny fosfolipidy (Tabulka č.4). Denní příjem se pohybuje kolem 3–8 %. Bylo dokázáno, že dietní fosfolipidy mají pozitivní účinek na koronární onemocnění srdce, záněty, paměťovou funkci a hyperlipidemii. Důležitým faktorem je složení mastných kyselin ve fosfolipidech. Například izolované fosfolipidy ze zvířacích tkání jsou bohatší na nasycené mastné kyseliny. Mořský organismus obsahuje více n-3 PUFA. Rozdíly v mastných kyselinách vedou k rozdílným biologickým účinkům (Liu et al. 2016).

Cílem studie Liu et al. (2016) byl charakterizovat tři druhy fosfolipidů získaných z vaječného žloutku, sěpie a sóji. Výsledkem studie, byly zjištěné rozdíly ve složení mastných kyselin, přičemž sója byla bohatá na zastoupení n-6 PUFA, zejména na obsah linolové kyseliny.

Lecithin (fosfatidylcholin) je získáván z oleje semen, neboť část fosfolipidů je extrahována do tukové fáze. Přidáním vody nebo roztoku kyseliny, např. kyseliny fosforečné nebo citrónové je možno fosfolipidovou frakci izolovat, tím se fosfolipidy uvolní z příslušných solí, hydratují se, jsou méně lipofilní a z tukové fáze jsou vyřazeny. Využití lecithinu je jak v potravinářském průmyslu, tak pro nepotravinářské účely. V potravinářském průmyslu je lecithin velmi málo využíván, přesto se dbá na jeho kvalitu. Má tmavěhnědé zbarvení, ale kvůli potravinářským i průmyslovým účelům se bělí pomocí peroxidu vodíku. Lecithin obsahuje 30–50 % acylglycerolů, volné mastné kyseliny, steroly, tokoferoly a různé stržené látky, např. cukr, aminokyseliny a kovové ionty, dále chlorofylová a karotenoidní barviva, dále obsahuje glycerolfosfolipidy a glycerolglykolipidy, proto je tmavohnědé zbarven (Velíšek 2002).

Tabulka č.4: Zastoupení fosfolipidů v sójových bobech a vejci (Velíšek 2002).

Druh fosfolipidu	Sójové boby [%]	Vejce [%]
fosfatidylcholin	24–46	66–83
fosfatidylethanolamin	21–34	8–24
fosfatidylinositol	13–21	0–1
fosfatidylserin	5–6	1–3

4.3.2 Sójový olej

Sójový olej má světležlutou barvu a měkkou chuť. Skládá se z triglyceridů (rafinovaný olej obsahuje více než 99 %), fosfolipidů a některých vedlejších sloučenin jako fytosterolů a tokoferolů. Triglyceridy jsou tvořeny třemi nenasycenými mastnými kyselinami (65,3 %) nebo dvěma nenasycenými mastnými kyselinami (31 %). Složení surového a rafinovaného oleje je uvedeno v Tabulce č.5 (Henderson 2016).

Tabulka č.5: Složení surového a rafinovaného oleje (Henderson 2016).

Druhy	Surový olej	Rafinovaný olej
Triglyceridy [%]	95–97	>99
Fosfolipidy [%]	1,5–2,5	0,003–0,045
Nezmýdelnitá hmota [%]	1,6	0,3
Fytosteroly [%]	0,33	0,13
Tokoferoly [%]	0,15–0,21	0,11–0,18
Uhlovodíky [%]	0,014	0,01
Volné mastné kyseliny [%]	0,3–0,7	<0,05
Železo [mg.kg ⁻¹]	1–3	0,1–0,3
Měď [mg.kg ⁻¹]	0.03–0,05	0,02–0,06

Hlavními fytosteroly v sójovém oleji jsou β -sitosterol, kampesterol a stigmasterol. Fytosteroly mají pozitivní účinky na lidský organismus, snižují vstřebání cholesterolu ve střevě. Zastoupení v sójovém oleji mají také tokoferoly, které se však rozkládají při zpracování rostlinných olejů (Henderson 2016).

Sójový olej není tolik stabilní při smažení jako ostatní jedlé oleje. Díky přítomné furanové kyselině také olej rychleji oxiduje, doporučuje se tedy, aby se skladoval ve tmě. Po celém světě se sójový olej využívá jako kuchyňský. Byla provedena řada studií, ve kterých byl zkoumán dietní účinek oleje a jeho vliv na zdraví. Současně se prokázalo velké využití sójového oleje při přípravě jídel, a to na smažení, pečení nebo pro přípravu salátových dressingů. Smažení však není příliš pozitivní proces, neboť při něm dochází k tvorbě nežádoucích škodlivých látek. V oleji proběhne řada chemických reakcí, které jsou ovlivňovány faktory jako teplota, doba ohřevu, typ smažícího materiálu a oleje nebo množství přítomného kyslíku a antioxidantů. Při opakovatelném záhřevu dochází ke změně konfiguraci mastných kyselin z cis formy na trans (Henderson 2016).

Trans-nenasycené mastné kyseliny působí negativně ve výživě a představují vysoké riziko onemocnění srdce a cév. Mají mnohem větší účinek než nasycené mastné kyseliny. Podílí se na rozvoji obezity, diabetu mellitus II. typu, mají též negativní vliv na lidský plod, atd (Dostálová 2011).

4.3.3 Vliv konzumace tuků na lidské zdraví

Sójové oleje jsou široce používány v živočišné i lidské výživě, farmaceutickém průmyslu a ve výrobě textilií. Více než 90 % potravinových alergií způsobuje osm potravin, mezi tyto potraviny se řadí kravské mléko, slepičí vejce, ořechy, arašidy, pšenice, ryby, měkkýši a sója. Pro podezření přítomnosti potravinové alergie se provádí u pacienta řada testů. Ty zahrnují podrobné prostudování zdravotních záznamů pacienta, dále fyzikální vyšetření, screeningové testy a zjištění způsobu ústní výživy. Žádný ze screeningových testů nemůže samostatně nebo i v kombinaci s určitostí diagnostikovat nebo vyloučit potravinovou alergii. Nový a přesnější způsob využívá diagnostické metody „DNA mikroarray“ neboli technologie umožňující molekulárně-biologické analýzy, především analýzu exprese genů (Henderson 2016).

Přítomnost bílkovin v sójovém oleji závisí na stupni rafinace, stejně jako u ostatních plodin. Existují studie, které se shodly, že v sójovém oleji nejsou přítomny alergeny, ovšem určitá skupina studií prokázala, že sójový olej má vliv na vyvolání anafylaktické šoku. Je tedy dokázáno, že jak lisovaný, tak rafinovaný olej obsahují bílkoviny. Ačkoli existuje určitá shoda, že plně rafinované sójové boby nejsou alergenní, tak většina publikací pouze naznačuje možnost, že rafinované oleje neindukují alergické reakce u citlivých jedinců (Henderson 2016).

Vysoká tvorba tuků je významným rizikovým faktorem pro kardiovaskulární onemocnění, které zahrnuje hypertenzi, aterosklerózu a další onemocnění související se srdcem. Hlavní roli těchto onemocnění hraje oxidační stres. Se zvýšenou oxidační zátěží dochází k patologickým změnám, jakou je poškození vrstvy buněk, které vystylají vnitřní povrch krevních i lymfatických cév a srdce, mitochondrií, a dokonce má vliv na změnu aktivity enzymů (Henderson 2016).

4.4 Sacharidy

Sója je dobře známá díky vysokému obsahu bílkovin a oleji. Sacharidy představují hlavní nevyužitelnou složku, která činí 26–30 %. Sójové sacharidy nejsou tak snadno hydrolyzovatelné a mohou být nestravitelné, pokud jsou obsaženy v potravinách nebo krmivech. V důsledku své složitosti vyžadují další zpracování. Dříve se pro zlepšení stravitelnosti sacharidů využívala kyselá hydrolyza. V současnosti jsou hledány alternativní způsoby, např. hydrolyza na bázi enzymů (Al Loman & Ju 2017).

Sója se skládá převážně z jednoduchých sacharidů, tj. glukózy (0,04–0,2 %) a fruktózy (0,5–3,2 %). Významná je i skupina derivátů monosacharidů-cyklitolů a jejich galaktosidy, které jsou uvedeny v Tabulce č.6 (Velíšek 2002).

Tabulka č.6: Obsah cyklitolů a jejich galaktosidů v sóje (% v sušině) (Velíšek 2002).

	Myo-inositol	D-Pinitiol	Galaktinol	Galaktopinitoly	Ciceritol
Sója luštinatá (<i>Glycine max</i>)	0,03–0,10	0,20–0,90	0,00	0,35–0,70	0,80

Myo-inositol se dříve řadil do vitamínů, díky své ústřední roli v metabolismu živočichů, rostlin a mikroorganismů. Vyskytuje se ve vazných formách v obilovinách a luštěninách jako hexafosfát neboli fytoová kyselina. V sóje má myo-inositol menšinový podíl, a proto je doprovázen D-chiro-inositolem. Nulové zastoupení má galaktinol, který často bývá doprovázen tzv. galaktopinitoly (Velíšek 2002).

Deriváty sacharózy a melibiózy jsou oligosacharidy, které se vyskytují převážně v luštěninách, tj. rafinóza, verbaskóza, stachyóza a ajugóza. Směs galaktooligosacharidů se získává z tzv. sójové syrovátky, která vzniká jako odpad při výrobě sójových bílkovinných izolátů a koncentrátů. Sójová syrovátka obsahuje dále sacharózu, glukózu a fruktózu. Zastoupení jednotlivých významných oligosacharidů je znázorněno v Tabulce č.7 (Velíšek 2002).

Tabulka č.7: Významné oligosacharidy v sóje (%v sušině) (Velíšek 2002).

	Sacharóza	Rafinóza	Stachyóza	Verbaskóza
Sója luštinatá (<i>Glycine max</i>)	2,8–7,7	0,2–1,8	0,02–4,8	0,1–1,8

Sójové výrobky mají nízký obsah sacharidů, jsou tedy vhodné pro osoby s diabetem. Největší zastoupení tvoří oligosacharidy, převážně stachyóza. Oligosacharidy jsou špatně štěpeny pomocí střevních enzymů, a proto pokračují do tlustého střeva, kde stimulují růst bakterií jako jsou *bifidobakterie*, které jsou považovány za výhodné pro hostitele a využívány dalšími bakteriemi tlustého střeva. Trávení oligosacharidů je spojeno s tvorbou plynů (oxid uhličitý, methan, vodík aj.). V dnešní době řada výzkumů naznačuje, že účinky ohledně plynatosti mohou být zveličené. To se netýká zpracovaných sójových produktů, protože při jejich přípravě dochází ke snižování obsahu oligosacharidů (Messina 2016).

Mezi zbývajících sacharidy patří také vláknina (celulóza, pektiny, aj.), která představuje cca 17 %. Vláknina má tedy poměrně vysoké zastoupení oproti jednoduchým sacharidům a pozitivně ovlivňuje zdraví tlustého střeva, což vede ke snížení rizika rakoviny tlustého střeva. Ovšem existují určité výjimky, kdy vláknina může u některých lidí naopak způsobovat trávicí problémy (Dostálová 2017).

4.5 Vitamíny

Sójové boby obsahují jak vitamíny rozpustné ve vodě, tak v tucích. Zejména se jedná o vitamíny skupiny B, vitamín C, vitamín E a vitamín K. Významný je především vitamín E, který působí jako přírodní lipofilní antioxidant uplatňující se u buněk, které chrání před poškozením volnými radikály. Vyskytuje se právě v sójovém oleji, menší podíl má v potravinách živočišného původu (Dostálová 2017). O něco méně významný je vitamín K, který se vyskytuje ve více formách, a to jako vitamín K1, K2, K3 a K4. Z nich podstatný je vitamín K1, který je také přítomen v sójovém oleji. Při smažení dochází k jeho úbytku, kdy se jeho obsah sníží o 85–90 %, zatím co při vystavení dennímu světlu dojde k poklesu o 50 %. V sójových bobech jsou přítomné taky prekursor vitamínu A tj. karotenoidy. Ty se obdobně jako předchozí vitamíny také vyskytují v potravinách rostlinného původu, a jako lipofilní složky tedy i v sójovém oleji (Velíšek 2002).

Druhou skupinou jsou vitamíny rozpustné ve vodě, tj. thiamin, riboflavin, niacin, pantothenová kyselina, pyridoxin, biotin a vitamín C neboli askorbová kyselina (Velíšek 2002).

4.6 Minerální látky

V sójových bobech jsou obdobně jako vitamíny také zastoupeny minerální látky. Sója je vynikajícím zdrojem vápníku a fosforu. Dále obsahuje zinek, hořčík, železo, draslík a sodík. Existuje mnoho tabulek se složením krmných směsí nebo produktů obsahujících sóju, ve kterých jsou uvedeny hodnoty nutričně významných minerálních látek. Nicméně lze předpokládat, že takovéto hodnoty byly stanoveny před mnoha lety. Od té doby se však genetika sójových bobů značně změnila, zda tyto změny ovlivnily jejich minerální složení, není doposud známo. Za tímto účelem se provádí mnoho výzkumů ve, kterých se stanovuje obsah minerálních látek v různých sójových produktech (Batal et al. 2010).

Etiosa et al. (2018) uvádí, že je k dispozici několik metod pro stanovení minerálního složení daného materiálu. Ve studiích tohoto autora, co ke stanovení minerálních látek v sójových bobech byla použita atomová absorpční spektrometrie, plamenová fotometrie a spektrofotometrie. Obsah jednotlivých minerálních látek je znázorněn v Tabulce č.8.

Vzorek mouky ze sójových bobů vykazuje vysoký obsah vápníku. Důležitý je i vysoký obsah fosforu, jehož metabolismus úzce souvisí s metabolismem vápníku. Společně tvoří fosforečnan vápenatý, který se podílí na struktuře kostí a zubů. V menší míře je zastoupen sodík, železo a zinek. Sodík ovlivňuje krevní tlak, funkci svalů a nervů. Železo je součástí červených krvinek, při jeho nedostatku dochází k tzv. anémii neboli chudokrevnosti. Zinek pomáhá imunitnímu systému bojovat proti napadení bakteriemi a viry. Kadmium bylo pod mezí detekce, což je dobré, protože Cd se řadí mezi rizikové prvky, které mají karcinogenní účinek. Mouka ze sójových bobů může tedy být bohatým zdrojem minerálů pro lidi i hospodářská zvířata a mohla by být též použita jako potravinový doplněk (Etiosa et al. 2018).

Tabulka č.8: Minerální složení v sójových bobech (Etiosa et al. 2018).

Minerální látky	Hodnoty [mg/100g]
Vápník	300,36
Hořčík	258,24
Železo	16,4
Kadmium	<MD
Sodík	3
Zinek	2,7
Fosfor	695,20

4.7 Antinutriční látky

V současnosti, jak již bylo zmíněno dochází k rychlé expanzi sójových bobů, a to hlavně ve Spojených státech amerických a Brázií. Sója je pro člověka a zvířata nyní hlavním dietním produktem (Grant 1989).

Sójové boby obsahují nutričně významné látky, především bílkoviny a tuky. Jejich konzumace ale zahrnuje i některé nevýhody v důsledku přítomnosti nepříznivých látek, které se nazývají antinutričními faktory. Mezi tyto látky patří inhibitory proteáz, saponiny, fytoestrogeny a již zmíněné oligosacharidy. Za nejvýznamnější sójový antinutriční faktor je považován inhibitor trypsinu, který negativně ovlivňuje stravitelnost bílkovin. Oligosacharidy jako stachyóza a rafinóza způsobují redukci stravitelnosti živin, plynatost a břišní problémy. Oproti inhibitoru trypsinu jsou však považovány za méně škodlivé antinutriční látky. K snížení jejich vlivu se využívá mnoho metod např. máčení, vaření, opékání nebo chemické ošetření (Haidar et al. 2018).

4.7.1 Inhibitor trypsinu

Sójové bílkovinné produkty vyžadují tepelné opracování, a tím dochází k denaturaci trypsinového inhibitoru a dosažení maximální nutriční hodnoty. Převládající trypsinové inhibitory jsou součástí bílkovin, které jsou umístěny z větší části v rostlinném kotyledonu (Anderson & Wolf 1995).

Trypsinové inhibitory jsou skupinou serinových proteázových enzymů. Trypsin je proteolytický enzym, jenž je klíčový pro trávení bílkovin v živých organismech. Vzniká ve své neaktivní formě nazývané trypsinogen, aktivuje se v pankreatu a dále putuje do tenkého střeva. Jeho aktivitu v sóje a sójovém mléce zhodnotili Su & Chanf (2002).

Stravitelnost sóji i stravitelnost bílkovin sóji *in vitro* je nižší než z jiných bílkovinných zdrojů. Konzumace inhibitoru trypsinu může způsobit hypertrofii pankreatu nebo hyperplazii. Funkce pankreatu se mění, dochází ke zvýšení sekreční aktivity. Slinivka břišní je řízena mechanismem negativní zpětné vazby, z toho vyplývá, že sekrece enzymů je nepřímo úměrná hladině trypsinu ve střevě. Existuje tedy nadprodukce trypsinu, chymotrypsinu a elastázy v těle (Vagadia et al. 2017).

Sójový kunitzový inhibitor trypsinu (SKTI) je malý, stabilní, monomerní, neglykosylovaný, globulinový typ bílkoviny přítomný v sójových bobech. Bílkovinný SKTI se skládá z 181 aminokyselinových zbytků s molekulovou hmotností 21,5 kDa, jeho izoelektrický bod odpovídá hodnotě pH 4,5 (Vagadia et al. 2017).

Je spojován disulfidickými můstky a v žaludku je odolný vůči tepelným, chemickým a enzymatickým denaturacím. Konkrétně dojde k rozštěpení disulfidických vazeb přítomných v inhibitoru trypsinu, a tím dojde k jejich deaktivaci. Dalším významný inhibitor v sóje je Bowman-Birkův inhibitor (BBI), který se skládá ze 71 aminokyselin a 7 disulfidických vazeb. V porovnání se SKTI je zastoupen v menší míře (Vagadia et al. 2017).

V dnešní době jde o snahu snížit nebezpečí spojené s výživou potravinami na bázi sóji, především o pokles nebo odstranění antimikrobiálních látek správnou metodou a technikou zpracování, avšak některé metody mohou snížit obsah nezbytných látek, a naopak vytvořit nežádoucí sloučeniny (Li et al. 2017).

4.7.2 Fytoestrogeny

Fytoestrogeny jsou nezbytnou součástí lidské potravy. Tento pojem byl poprvé použit koncem osmdesátých let 20. století, a od té doby se fytoestrogeny také staly hlavním tématem výzkumů, které prokazují, že fytoestrogeny mají zdravotně prospěšný účinek na lidi i laboratorní zvířata (Dixon 2004).

Podle Velíška (2002) se fytoestrogeny dělí do čtyř základních skupin. Jsou to isoflavonoidy (equol, daidzen a genistein), lignany (enterolakton), kumestany (kumesterol) a stilbeny (stilben a resveratol).

Egol a enterolakton jsou nejdůležitější fytoestrogeny, které vznikají jako produkty mikrobiální degradace sójových isoflavonů daidzeinu a lignanů secoisolariciresinolu a matairezinolu, které se utváří ve střevě (Dixon 2004).

Sójové potraviny obsahují estrogení látky nazývané isoflavony. Jsou to slabé estrogeny s předpokladem nehormonálních vlastností. Konzumací sójových isoflavonů se snižuje vznik rakoviny, srdečních problémů a zlepšuje se zdraví kostí (Messina 2000).

Isoflavonoidy jsou odvozeny od isoflavonů, které jsou všude přítomné v rostlinách. Navzájem se liší složitější strukturou a označují se jako dietní fytoestrogeny. Svou strukturou jsou velmi podobné estradiolu, zejména jsou si podobné vzdáleností hydroxylových skupin (Dixon 2004).

Genistein je hlavní isoflavon v sóje, který inhibuje růst většiny typů nádorových buněk. Také bylo zjištěno, že sójové isoflavony inhibují vývoj rakoviny mléčné žlázy a prostaty zvířat, proto se provádí různé výzkumy zaměřené na lidskou populaci. Některé výzkumy naznačují, že konzumace sóji v raném věku může chránit proti rozvoji rakoviny prsu i pozdějším stádiu života (Messina 2000).

Další úlohou genisteinu je jeho funkce v ochraně mozku. V tzv. neuroprotekcí působící proti neurotoxickému stresu, podporující paměť, učení a kognitivní funkce. Studii, ve které byl sledován vliv genisteinu na mozek provedl Liu et al. (2018).

Vliv genisteinu na životaschopnost PC12 buněk byl nejprve stanoven pomocí kalorimetrického testu s využitím roztoku 3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-difenyltetrazolium bromidu (MTT). Léčba genisteinem v koncentracích nejvýše 10 μM neprokázala žádný významný vliv na životaschopnost buněk. Genistein nepůsobil ani cytotoxicky na neuronální buňky, proto v následujících testech byly vybrány opět koncentrace nejvýše 10 μM . V konečné fázi jde o působení genisteinu na neurofilamentní podjednotky NF68 a NF160, které jsou hlavní složkou neuritů. Při jejich maximální indukci stoupá hladina NF přibližně až o pětinasobek (Liu et al. 2018).

Jeden z nejsilnějších účinků sóji je snižování hladiny cholesterolu účinkem sójových bílkovin. Důkazem byla studie na opicích, které byli krměni dietou obsahující izolát sójových bílkovin. Výsledek u zvířat se sójovou stravou jasně poukázal na sníženou hladinu LDL cholesterolu i lipoproteinů, a naopak významně zvýšil hladinu HDL cholesterolu (St. Clair 1998).

Přes všechny uvedené pozitivní vlastnosti fytoestrogenů se tyto látky zároveň označují za rizikově potenciální látky, které postihují endokrinní systém, normální funkci hormonálních a reprodukčních systémů. Pro posuzování dietních vlastností a rizik spojených se stravováním sójových bobů je dobré provádět studie v asijských zemích typu Japonsko nebo Korea a v Americe. Japonsko se totiž označuje za velkého spotřebitele potravin na bázi sóji a Američané, přestože patří mezi největší producenty sóji, jsou oproti Japonsku malými spotřebiteli. Mnoho toxikologických studií také naznačuje, že endokrinně působící fytochemikálie, které se nachází ve fytoestrogenech mohou mít neurotoxický, imunotoxický, karcinogenní, mutagenní a vývojově toxický charakter (Kwack et al. 2009).

Ve vztahu ke zdraví kostí je tato oblast nejméně prozkoumána. V budoucnosti bude ještě probíhat mnoho dalších výzkumů. Předběžné výsledky zatím říkají, že podání izolátu sójových bílkovin inhibuje kostní resorpci, stimuluje tvorbu kostí a zpomaluje ztrátu kostní hmoty. Budoucí studie by se měly zaměřit na vysoce rizikové postmenopauzální ženy, zejména v oblasti diabetu, kardiovaskulárního onemocnění, rakoviny prsu a hlavně zdraví kostí (Messina 2000).

Nicméně fytoestrogeny mají ve výživě člověka kladné i záporné účinky. Mnoho výzkumů je založeno pouze na pokusech se zvířaty. Proto je vzneseno mnoho otázek ohledně jejich potenciálního rizika pro lidské zdraví, protože veřejnost je vystavena poměrně vysoké spotřebě sójových potravin neboli příjmu fytoestrogenů, které mohou představovat zdravotní riziko (Kwack et al. 2009).

4.7.3 Fytosteroly

Sójový sterol je fytosterolem, který obsahuje β -sterol, stigmasterol a kampesterol. Jsou to látky podobné cholesterolu, ale liší se kruhovou konfigurací nebo postranními řetězci. Fytosteroly lze přímo extrahovat ze sójového oleje destilovaného destilátu, mohou snížit sérový cholesterol a zabránit kardiovaskulárním onemocněním. Nemohou ale být syntetizovány v těle, a proto musí být dodány ve stravě (Yang et al. 2016).

Nejrozšířenější metodou syntézy esterové formy je použití chemických a enzymatických metod v přítomnosti katalyzátorů a rozpouštěděl. Bylo zjištěno, že tyto metody představují určitá rizika týkající se bezpečnosti a ochrany zdraví. Proto jsou zkoumány alternativní způsoby, jedním z nich je syntéza esteru fytosterolů ze sójového sterolu a acetanhydridu. Fytosteroly jsou nerozpustné ve vodě, jejich rozpustnost je pouze cca 1 % v jedlých olejích. Tato vlastnost omezuje jejich použití v potravinářské matrici a ztěžuje vstup do lidského těla přímo při konzumaci. K překonání této nevýhody se využívá již zmíněný alternativní postup, a to syntéza esteru fytosterolu esterifikací fytosterolu organickou kyselinou, konkrétně mastnými kyselinami (Yang et al. 2016).

4.7.4 Saponiny

Saponiny jsou přirozeně se vyskytující fytochemikálie, kde tzv. aglykony saponinů jsou steroidní a triterpenoidní sloučeniny. Strukturně se steroid nebo triterpenoidní aglykon váže na jednu nebo více cukerných složek. V rostlinách jsou odvozeny od běžného prekursoru izopentenylpyrofosfátu, dále klíčovou roli v biosyntéze saponinů hrají tři enzymy, tj. skvalenoxid-cykláza, monooxygenázy závislé na cytochromu P450 a UDP-dependentní glykosyltransferázy (Sundaramoorthy et al. 2018).

Saponiny se vyskytují v semenech sóji, ve které tvoří cca 0,5 % jejich sušiny, ačkoli se tato hodnota značně liší v závislosti na kultivaru, stupni zralosti a pěstební lokalitě. V sóje jsou saponiny hojné spíše v počátečních hypokotylech než v kotyledonech a jiných částech rostlin (Sundaramoorthy et al. 2018).

Sacharidové řetězce se váží v sóje na triterpenoidní saponiny a jsou klasifikovány podle počtu vázaných sacharidových zbytků. Pokud se na aglykon naváže jeden sacharidový zbytek hovoří se o tzv. monodesmosidickém saponinu, dva navázené sacharidové zbytky vytvoří tzv. bisdesmosidické saponiny. Obě dvě tyto skupiny se označují jako skupina A, saponiny skupiny A obsahují dva sacharidové zbytky na hydroxylových skupinách v poloze C-3 a C-22 na triterpenoidním aglykonu známém jako sójasapogenol. 2,3-dihydro-2,5-dihydroxy-6-methyl-4H-pyran-4-on (DDMP) patří k hlavní saponinovým skupinám široce rozšířeným v luštěninách jako je hrách a sója. DDMP saponiny postrádají v poloze C-22 hydroxyskupinu a jediný sacharidový řetězec je navázán na C-3 hydroxylové poloze aglykonu známého jako sojasapogenol B. Během zpracování potravin a extrakce saponinů jsou nestabilní saponiny DDMP podrobeny hydrolýze a následně produkují saponiny skupiny B a E pomocí hydroxylace a fotooxidace (Sundaramoorthy et al. 2018).

Zdá se, že acetylové skupiny A saponinů v semech sóji přispívají částečně k nepříjemnému pachu a hořkosti v sójových potravinách. Naproti tomu saponiny skupiny B a DDMP saponiny jsou méně hořké a mnohem výhodnější pro lidi než saponiny skupiny A. DDMP vykazují radikální anti-mutagenní aktivitu, zatímco saponiny skupiny B vykazují *in vitro* inhibiční účinek na infekci HIV a také zabráňují proliferaci rakoviny tlustého střeva. Díky zdravotním přínosům sójových saponinů bylo několik studií zaměřeno na identifikaci genů podílejících se na biosyntéze s cílem upravit jejich množství a složení. Většina kroků, které se podílejí na biosyntéze saponinů, však zůstává na molekulární úrovni neprozkoumána, zejména kroky týkající se výroby saponinů DDMP (Sundaramoorthy et al. 2018).

4.7.5 Lektiny

Lektiny jsou bílkoviny neimunitního původu, které specificky interagují se sacharidy. V rostlinách jsou lektiny zapojeny do řady důležitých procesů, jako je ochrana rostlin a signalizace stresu. Sója je spojena se zdravou stravou. Existují četné studie, které prokazují přímou souvislost mezi požitím sóji a nízkou incidencí rakoviny, zejména rakoviny prsu, tlustého střeva a prostaty. Přestože příčiny této antikarcinogenity nejsou zcela jasné, existují důkazy, které tuto aktivitu spojují s přítomností inhibitoru Bowman-Birk (BBI), již zmíněného v kapitole inhibitor trypsinu a lektinu (str. 26, 29). Lektin, také nazývaný hemagglutinin nebo aglutinin, se vyskytuje převážně v zelenině a luštěninách jako sója. Sójový lektin je tetramerní bílkovina s molekulovou hmotností 110-120 kDa složený ze čtyř podjednotek o velikosti cca 30 kDa (Anta et al. 2010).

Sójový lektin se používá jako terapeutické činidlo, které se přednostně váže na membrány rakovinných buněk nebo na jejich receptory, což způsobuje cytotoxicitu a inhibuje růst nádoru. Nicméně sójový lektin byl také spojen s výživovými poruchami. Ve skutečnosti je lektin odolný vůči trávení, protože jeho cílem je vázat se na glykoproteinové receptory. Nachází se na povrchu tenkého střeva, a tak zasahuje do vstřebávání živin (Anta et al. 2010).

V současné době výzkumníci sójových bobů vyvíjí programy pro genetické zlepšení sóji, ve kterých se snaží podporovat odrůdy s vyšším obsahem BBI a lektinu. Na druhé straně je potřeba kontrolovat spotřebu sójových bobů u kojenců kvůli bílkovinám, které hrají antinutriční roli (Anta et al. 2010).

Panda et al. (2014) hodnotí protinádorový účinek sójového lektinu zprostředkovan reaktivní cestou závislou na druhých kyslíku. Chirurgie, chemoterapie a ozařování jsou typické postupy využívané při léčbě rakoviny. Jsou často neúčinné a jsou spojovány s mnoha vedlejšími účinky, proto podle doporučení Světového fondu pro výzkum rakoviny (WCRF) a Amerického institutu pro výzkum rakoviny (AICR) je nutná rostlinná strava, aby se snížilo riziko výskytu rakoviny. Tato asociace se konkrétně zaměřuje na sójové lektiny, jsou to potenciální kandidáti na léčbu rakoviny, protože mají velmi málo vedlejších účinků a jsou široce dostupné. V dnešní době se sójové lektiny využívají jako složky přípravků při léčbě rakoviny, ve kterých se kombinují s protinádorovými léky a také k odstraňování nádorových buněk v kostní dřeni (Panda et al. 2014).

4.7.6 Goitrogenní látky

Goitrogeny jsou sloučeniny, které interferují se syntézou a sekrecí hormonů štítné žlázy. Kyanogenní goitrogeny zhoršují příjem jodidů štítnou žlázou, nalézají se v mnoha krmivech včetně manioku, lnu, kukuřice, sladkých brambor, jetele bílého, prosa a surové sóje. Po požití jsou mezabolizovány na thiokyanát a isothiokyanát. Tyto sloučeniny mění transport jodidů přes membránu folikulárních buněk štítné žlázy a redukuje absorpci jodidů. Proto kyanogenní goitrogeny způsobují hypotyreózu (Fuller 2004).

Hypotyreóza je onemocnění, které vzniká při nedostatku hormonů štítné žlázy. Pokud by se neléčila mohla by vést k nepříznivým zdravotním účinkům, které by nakonec vedly k smrti. Rizikovou skupinu toho onemocnění tvoří děti a těhotné ženy (Chaker et al. 2017).

Existují důkazy, které naznačují, že zvýšená hladina TSH (thyrotropinu) představuje riziko pro děti. Během dětství mohou funkční abnormality štítné žlázy negativně ovlivnit růst a dozrávání mozku. V základech je léčba podobná jako v případě dospělé populace (Salerno et al. 2016).

Subklinická hypothyreóza (SCH) je definována jako zvýšená koncentrace TSH s normálními hladinami tyroxinu v séru. Výskyt je vysoký u žen ve fertilním věku a je identifikována až u 10 % těhotných žen. Subklinická hypothyreóza (SCH) a gestační diabetes mellitus (GDM) jsou běžné endokrinní poruchy, které se vyskytují během těhotenství. Proto byly provedeny kohortní studie, které zahrnovaly těhotné ženy s SCH a zjistilo se, že SCH s pozitivními protilátkami proti štítné žláze v těhotenství je spojen se zvýšeným rizikem GDM (Jia et al. 2019).

4.7.7 Purinové látky

Sójové boby obsahují vyšší hladinu purinů než jiné luštěniny. Obsah purinů v sójových potravinách byl podle Kaneko et al. (2008) stanoven vysokoúčinnou kapalinovou chromatografií (HPLC) a pohyboval se od 21,9 do 172,5 mg.100 g⁻¹ (Kaneko et al. 2008).

V případě konzumace potravin s vysokým obsahem purinů, může vzniknout hyperurikémie nebo onemocnění zvané dna. Hyperurikémie je zvýšená hladina močové kyseliny v krvi, zatímco dna je onemocnění kloubů způsobené poruchou metabolismu purinů. Při které dochází k degradaci purinů a hromadění močové kyseliny. V asijských zemích, zejména v Japonsku, je hodně konzumována sója nebo jiné potraviny, které obsahují vyšší množství purinů, avšak hladina purinů v sójových bobech <200 mg.100 g⁻¹, což není tak vysoký obsah, aby při každodenní konzumaci sóji významně ohrozila lidské zdraví. U hyperurikémických pacientů se doporučuje, aby denní dávka purinů nepřesáhla 400 mg na 100 g (Kaneko et al. 2008).

5 Sójové produkty

Sójové boby jsou dobrým zdrojem makronutrientů a mikronutrientů. Právě díky dobré nutriční hodnotě stoupl zájem o sójové produkty a zvýšila se i jejich spotřeba. Existuje široký sortiment sójových výrobků, jako jsou vařené sójové boby, sójové mléko, sójová omáčka, miso, natto, tempeh, tofu a mnoho dalších (Jayachandran & Xu 2019).

Fermentace je metoda, která se běžně používá pro výrobu sójových produktů. Principem fermentace sójových produktů je využití mikroorganismů, např. kmen *Bacillus subtilis* a *Aspergillus*. Je dokázáno, že fermentace může zlepšit fyzikálně-chemickou i senzorickou kvalitu sójových produktů. Fermentovaným produktům ze sóji se dostává v oblasti medicíny značné pozornosti kvůli vysokému obsahu bílkovin a příznivým účinkům na lidské zdraví, mezi ně patří antioxidační účinky, snížený výskyt rakoviny tlustého střeva, schopnost snížit hladinu cholesterolu, protirakovinová, protizánětlivá a imunomodulační aktivita (Jayachandran & Xu 2019).

Nesmí se ale opomenout, že sója i sójové produkty obsahují antinutriční látky, které naopak mohou negativně ovlivňovat lidské zdraví (Jayachandran & Xu 2019).

5.1 Sójové mléko

Sójové mléko je přírodní produkt vzniklý ze sóji, jehož historie sahá velmi daleko. Je to jedna z nejoblíbenějších náhrad mléka pro osoby s intolerancí laktózy nebo alergií na kasein z kravského mléka (Eslami & Shidfar 2019).

Sójové mléko se vyrábí postupnou řadou kroků, tj. namáčením, broušením, proséváním a vařením. Zahřátí a vaření trvá přibližně 30 minut. Sójové mléko je ošetřeno pomocí pasterace nebo UHT (*ultra high temperature*) teplotou před nebo po balení. Tím, že je mléko vystaveno vysokým teplotám, se ničí patogeny a denaturační antinutriční látky, jako je lipoxygenáza, inhibitory trypsinu a lektiny, které zajišťují mikrobiologickou bezpečnost, zlepšují stravitelnost a delší skladovatelnost produktů. Tepelné zpracování neúmyslně podporuje Maillardovy reakce mezi redukujícími cukry a bílkovinami. Sójové mléčné výrobky jsou často oslazeny cukrem nebo alternativně fruktózou, jablečnou šťávou nebo agarovým sirupem, které mají vysoký obsah hexóz (hlavně fruktózy), a tím zvyšují intenzitu Maillardovy reakce (Milkovska-Stamenova 2019).

V dnešní době jsou vyvíjeny nové fermentované nápoje. Icier et al. (2015) zrealizovali projekt, ve kterém zkoumali kvalitativní vlastnosti fermentovaného sójového mléčného nápoje s přidanou jablečnou šťávou. Při výrobě byl použit *Lactobacillus acidophilus*. Po smísení sójového mléka s jablečnou šťávou, byla směs inokulována 10 g *L. acidophilus* a fermentována po dobu 24 hodin při teplotě 37 °C. Po fermentačních procesech byla směs schlazena na teplotu 4 °C a uchována při teplotě 4 °C po dobu 21 dnů. Během skladování byly sledovány počty kolonií *L. acidophilus*, plísně a kvasinky, pH, titrační kyselost a reologické vlastnosti nápoje. Výsledky ukázaly, že jablečná šťáva zlepšila přijatelnost a senzorické vlastnosti fermentovaného sójového mléčného nápoje. Zároveň byl podpořen růst *L. acidophilus*, pH fermentovaných nápojů se během skladování nezměnilo.

Poslední desetiletí byla věnována pozornost přírodním potravinovým zdrojům, včetně sójového mléka, které by mohly pomáhat ke snižování hladiny krevních lipidů, a sloužit tak jako alternativa k činidlům modifikujícím lipidy. V posledních letech se také zvýšil zájem o hypolipidemický účinek sójového mléka. Sójové mléko obsahuje řadu živin, zejména sójové isoflavony, u kterých bylo prokázáno, že mají potenciální úlohu v metabolismu lipidů, především polyenových mastných kyselin (Eslami & Shidfar 2019).

Několik studií sice poukázalo na příznivé účinky konzumace sójového mléka na snížení triglyceridů a celkového cholesterolu, ale důkazy současné randomizované klinické studie byly nekonzistentní. Závěrem bylo konstatováno, že důkazy na podporu pozitivního účinku sójového mléka na složky lipidového profilu jsou omezené a zůstávají kontroverzní. Pro zjištění skutečného účinku sójového mléka na krevní tuky je zapotřebí klinických studií s velkým množstvím vzorků (Eslami & Shidfar 2019).

Vápník je nezbytný minerální prvek pro růst kostí a zubů, hraje roli při svalové kontrakci, sekreci neurotransmitérů, trávení a srážení krve. Mléko je hlavním zdrojem vápníku, avšak sójové mléko ho obsahuje mnohem méně, zatímco v kravském mléce je cca 113 mg Ca na 100 g mléka, v sójovém mléce je cca 25 mg Ca na 100 g mléka. Proto je vyráběno sójové mléko obohacené o vápník za účelem překonání tohoto nedostatku. Nicméně přidání vápníku do sójového mléka může být problematické, protože vápenaté ionty Ca^{2+} indukují koagulaci sójových bílkovin, dokonce i bez záhřevu. Jednou z možností, jak obohatit sójové mléko o vápník, je přidavek chloridu vápenatého, který obsahuje až 36 % vápníku, má vysokou rozpustnost, zvyšuje vápenaté ionty v mléce. Chelatační činidla mohou snížit nebo eliminovat nežádoucí účinky, např. srážení, a to stabilizací potravinářských produktů reakcí s kovovými ionty a ionty kovů alkalických zemin, vytvořením stabilních komplexů (Pathomrungsriyounggul 2010).

Obsah vápenatých iontů a pH jsou užiteční ukazatele tepelné stability sójových nápojů obohacených o vápník. (Pathomrungsiiyounggul 2010).

5.2 Tofu a výrobky z tofu

Tofu (tvaroh) je měkký potravinářský výrobek, relativně bez chuti, vyrobený ze sóji (Fei et al. 2018). Jeho konzumace je velmi populární ve východoasijských zemích a dováží se ze Spojených států amerických a Kanady (Meng et al. 2016).

Tofu je vyrobeno ze sušených sójových bobů, které jsou namáčené ve vodě, rozdrcené a vařené. Směs se rozdělí na tuhou buničinu, tzv. okaru a sójové mléko. Do sójového mléka se přidávají slané koagulanty, jako jsou chloridy a sírany vápenaté nebo hořečnaté, které oddělí tvaroh od syrovátky. V některých případech se používají kyselé koagulanty, jako je citrónová kyselina nebo δ -glukonolakton (Fei et al. 2018).

Jeden z hlavních faktorů, který ovlivňuje kvalitu tofu, je odrůda sóji neboli její genotyp. Výťažnost a kvalita tofu byla ovlivněna odrůdami sóji kvůli rozdílům v jejím chemickém složení. Pěstitelé i zpracovatelé vědí, že čím jsou větší semena sóji a čím mají vyšší obsah bílkovin, tím lepší bude kvalita a vyšší výnosy tofu (Meng et al. 2018).

Na trhu se upřednostňují sójové boby s čistým hilumem, kulatým a jednotným tvarem. Distribuci tofu ovlivňuje nejen celkový obsah bílkovin (6–8,4 %), ale také jejich složení. Bílkoviny glycinin (11S) a β -conglycinin (7S) a také jejich poměr mají vliv na hladkost a tuhost tofu. Věda a technologie výroby čistého bílkovinného gelu se liší, jakým způsobem se vyrábí tofu ze sójového mléka. Při čištění bílkovinného gelu se používá vysoká koncentrace izolátu sójových bílkovin bez koagulantů (Meng et al. 2018).

Při výběru sóji se sleduje obsah fenolických a antioxidačních látek, který může mít užitečný vliv na lidské zdraví (Meng et al. 2016). Cílem jmenovaného autora studie byl screening a výběr vhodných linií sóji pro výrobu tofu a zjištění vztahu mezi profilem zásobní bílkoviny a kvalitou tofu. Dále bylo cílem prozkoumat složení fenolických látek a jejich antioxidační vlastnosti. Bylo zjištěno, že isoflavony jsou také polyfenoly jako flavonoidy, kondenzované taniny a volné fenolové kyseliny důležité látky díky svému antioxidačnímu účinku, který je ovlivněn odrůdami sóji a lokalitou výsadby.

Cílem studie Mejia et al. (2017) bylo vyhodnotit množství emisí skleníkových plynů způsobených produkcí tofu. Byl zhodnocen cyklus výroby tofu, který zahrnuje pěstování sóji, její zpracování, přepravu, vaření a konečnou likvidaci odpadu. Do výpočtů množství emisí produkovaných během výrobního cyklu, tj. od počátečního pěstování sóji až po balení finálního výrobku byly zahrnuty zdrojové vstupy, jako je sója, voda, elektřina, zemní plyn, doprava a obalové materiály. Při výrobě 1 kg baleného tofu bylo 16 % emitovaného CO₂ důsledkem produkce sóji, 52 % CO₂ pocházelo z výroby tofu, 23 % z balení a 9 % z přepravy.

Výsledkem bylo zjištění, že výroba tofu vytváří poměrně malé množství tohoto skleníkového plynu ve srovnání s jinými potravinami bohatými na bílkoviny, jakými jsou například jehněčí maso, hovězí maso, vepřové maso, kuřecí maso, losos, vejce nebo mléčné výrobky (Mejia et al. 2017).

Tofu obsahuje 79–87 % vody a méně kyselé pH (5,2–6,2). Bylo zjištěno, že tofu může být velmi snadno kontaminováno mikroorganismy. Tofu je produkt ze sóji, který má velmi nízkou dobu skladovatelnosti a rychle podléhá zkáze. Nárůstem bakterií v tofu dochází k vzniku kyselejší chuti a nepříjemného zápachu. Důležitá je mikrobiální prevence. Mikrobiální kontaminace by mohla znehodnotit tofu, zároveň je považována za důležité výzkumné téma k zajištění bezpečnosti potravin. Při něm dochází k posuzování růstových charakteristik mikrobů pomocí prediktivních modelů a matematických rovnic, které určí odhad jejich růstu, přežití a inaktivace (Lee et al. 2017).

Joseph a Houghton (2014) se ve svém výzkumu snažili vyvinout výrobu přijatelné nízkotučné zmrzliny za použití tofu jako náhražky tuku. Senzorické hodnocení zahrnovalo vzhled, chuť, pocit v ústech, konzistenci, strukturu, pach a celkovou přijatelnost výrobku. Nebyly zjištěny žádné významné rozdíly v sensorickém hodnocení mezi kontrolním vzorkem a tofu variací. Výsledkem výzkumu byl návrh výrobního postupu na přípravu zdravé nízkotučné zmrzliny s použitím tofu jako úspěšné náhražky tuku v typickém zmrzlinovém receptu.

5.3 Sójová omáčka

Sójová omáčka, běžně nazývaná shoyu, je často používána jako dip nebo ke smažení v asijské kuchyni. V dnešní době se stává velmi populární po celém světě díky své charakteristické a intenzivní chuti umami. Tradičně se vyrábí fermentací nebo chemickým procesem zvaným kyselá hydrolýza, při kterém je odtučněná sójová omáčka hydrolyzována koncentrovanými kyselinami (Pujchakarn 2016).

Aby se zabránilo mikrobiální kontaminaci během výrobního procesu, je třeba přidat 16–20 % roztoku chloridu sodného. Lékařské studie prokázaly významný vztah mezi konzumací potravy s vysokým obsahem soli a několika zdravotními riziky, tj. vysokým krevním tlakem, srdečním onemocněním a problémy s ledvinami, proto by obsah chloridu sodného měl být v sójové omáčce snížen na 5–10 % (Fidaleo et al. 2012).

Poptávka po sójové omáčce stoupla díky silné a výrazné chuti umami. Ta je odvozena od přídatných peptidů, aminokyselin a dalších látek spojených s chutí, jako jsou nukleotidy a soli. Sodná sůl, některé volné a aromatické aminokyseliny významně přispívají ke smyslovým vlastnostem v japonské nebo indonéské sójové omáčce. Indonéská sójová omáčka obsahuje frakci s molekulovou hmotností menší než 500 Da získanou ultrafiltrací. V čínské sójové omáčce se zatím nepodařilo izolovat a zkoumat chuť umami (Zhuang et al. 2016).

Každá společnost vyrábí sójovou omáčku jiným způsobem, proto existuje pět hlavních typů omáček, koikuchi, usukuchi, tamari, saishikomi a shiro. Koikuchi omáčka je nejvíce konzumována v Japonsku, kde představuje 83 % veškeré sójové omáčky. Přisuzují se jí příznivé účinky jako je antikarcinogenita, hypotenze a antimikrobiální ochrana (Sugiura & Sugiura 2010).

Na druhou stranu může vyvolat alergii. Během výrobního procesu se v sójové omáčce vytvoří histamin, který způsobuje kopřivku, hypotenzi, bolest hlavy, svědění, zvracení, průjem atd. Hlavním rizikem je zvyšující se konzumace sójové omáčky, proto se může zvýšit počet pacientů s alergií na sójovou omáčku nebo otravou sójovou omáčkou v důsledku konzumace histaminu (Sugiura & Sugiura 2010).

5.4 Tempeh

Tempeh je tradiční indonéské jídlo vyráběné fermentací sójových bobů, jsou však používány ale i jiné substráty. Obvykle tempeh podléhá různým kulinářským úpravám a konzumuje se smažený, vařený nebo pražený. Během fermentace se ze substrátu uvolňují volné aminokyseliny, ve vodě se rozpouští dusíkaté sloučeniny, volné mastné kyseliny, a to vede ke vzniku charakteristické chuti (Jeleň et al. 2013).

Ve výrobku se také sleduje obsah surových lipidů. Ty jsou důležité, protože slouží jako hlavní zdroj energie pro mikroorganismy během fermentačního procesu. Tempeh je zdrojem bílkovin a lipidů hlavně ve vegetariánské stravě. Mezi další významné fermentované sójové produkty patří miso a natto, které jsou odolnější vůči oxidaci lipidů než nezkvašené sójové boby. U tempehu jsou výzkumy zaměřené především na obsah isoflavonů a způsob výroby tempehu obohaceného o γ -aminomáselnou kyselinu (GABA), která má antihypertenzní účinky stejně jako izoflavony (Jeleň et al. 2013).

γ -aminomáselná kyselina (GABA) je depresivní neurotransmitér v podpůrném nervovém systému. Dále mezi její fyziologické funkce patří potlačení zvýšení systolického krevního tlaku, zlepšení diskriminačního učení a zmírnění nepohodlných příznaků, které se projevují během menopauzy, jako je nespavost, deprese a autonomní porucha. GABA se ve větším množství vyskytuje v potravinách, jako jsou jogurty, korejské kimchi nebo japonská okurka shibazuke. Byla vyvinuta nová výroba tzv. GABA tempehu, který obsahuje více než 1 g GABA ve 100 g sóji. Tento výrobek je také bohatší na volné aminokyseliny než konvenční tempeh (Aoki et al. 2014).

V tempehu je vysoká hladina isoflavonů, protože se hojně vyskytují již v sójových bobech. Vykazují podobnou funkci jako estrogeny a očekává se, že zmírní příznaky osteoporózy u žen vyskytujících se po menopauze. Dále mohou isoflavony potlačit nástup arteriosklerózy, protože také zlepšují metabolismus lipidů, například cholesterolu (Nakajima et al. 2005).

Bylo analyzováno složení isoflavonů během fermentace tempehu a sledovány rozdíly v obsahu isoflavonů v závislosti na odrůdě a konkrétní tkáni sóji. Při studii byly využívány různé odrůdy žlutých a černých sójových bobů. Celkově bylo charakterizováno 12 různých derivátů isoflavonu, z toho byly tři isoflavony ve formě aglykonu a dalších devět ve formě glukosidů (Tabulka č.9) (Nakajima et al. 2005).

Nejprve byl sledován časový průběh změn ve složení a obsahu isoflavonů společně v průběhu fermentace. Bylo zjištěno, že celkový obsah isoflavonů (aglykonů, i glukosidů) klesá s dobou fermentace, a to zejména jejich aglykonové formy. Dalším cílem zkoumání bylo porovnávat obsah isoflavonů v tempehu v závislosti na odrůdě sóji. Obsah aglykonových forem v tempehu žluto-sójovém a tempehu černo-sójových bobů se po 24hodinové fermentaci pohyboval v rozmezí od 16 do 17 mg na 100 g tempehu a obsah glukosidových forem se pohyboval od 86 do 87 mg na 100 g tempehu (Nakajima et al. 2005).

Na základě výsledků nebyl zjištěn podstatný rozdíl v obsahu isoflavonů v tempehu mezi dvěma odrůdami sóji, tj. žlutou a černou sójou. Poslední část výzkumu se zaměřila na složení a obsah isoflavonů v tempehu vyvoleného z granulovaného klíčku odtučněné žluté sóji po extrakci sójového oleje (Nakajima et al. 2005).

V současné době se maximální spotřeba isoflavonů u dospělého člověka pohybuje přibližně kolem 40 mg na den. Při fermentaci dochází ke snižování isoflavonů, které se přirozeně vyskytují v sójových bobech, proto byl připraven nový tempeh obohacený o isoflavony, jeho chuť by se však neměla výrazně lišit od chuti tradičního sójového tempehu. Tento nově vytvořený tempeh má význam pro seniory, neboť jeho konzumací by se měl potlačit nástup arteriosklerózy a zmírnit symptomy osteoporózy, které se vyskytují po menopauze (Nakajima et al. 2005).

Tabulka č.9: Porovnání obsahu isoflavonů ve žlutém a černém sójovém tempehu po 24 hodinách fermentace (Nakajima et al.2005).

Obsah isoflavonů [mg]		
Isoflavony	Žlutý sójový tempeh	Černý sójový tempeh
<i>Celkem aglykonů</i>	15,7	17,4
Daidzein	8	6,8
Glycitein	0,5	0,7
Genistein	7,2	9,9
<i>Celkovem glukosidů</i>	87	85,8
Daidzin	1,7	3,3
Glycitin	0,4	1
Genistin	6,4	18,7
Malonyldaidzin	30,2	14,3
Malonylglycitin	1,4	2,7
Malonylgenistin	41,8	38,5
Acetyldaidzin	0,9	1,3
Acetylglycitin	2,6	0,2
Acetylgenistin	1,6	5,8
<i>Celkový obsah isoflavonů (aglykony + glykosidy)</i>	102,7	103,2

5.5 Miso

Miso je fermentovaná sójová pasta, kterou se ochucují polévky. Obecně se miso vyrábí ze sójových bobů, soli a různých druhů koji. Koji se vyrábí z vařených obilnin, jako je například rýže nebo pšenice, anebo také ze sójového sladu (Inoue et al. 2016).

V průběhu procesu zrání se sójové složky hydrolyzují a fermentují různými mikroorganismy, jako jsou plísně, kvasinky nebo bakterie mléčného kvašení (Inoue et al. 2016).

Charakteristická chuť misa je odvozená nejen z fermentace, ale také z reakce, které probíhají mezi složkami sóji během zrání, významné jsou zejména produkty vzniklé Maillardovou reakcí. Miso se rozděluje na několik typů podle použitého koji sladu a doby zrání. Existuje barevné nebo červené slané rýžové miso, ve kterých je hlavní složkou rýžové koji. Doba zrání je obvykle 3–6 měsíců nebo 6–12 měsíců. Klasické sójové miso se vyrábí výhradně ze sójových bobů bez přídavku obilnin se sójovým koji a doba zrání je až 2 roky (Inoue et al. 2016).

Kvalita misa se určuje pomocí jeho aroma, proto se sleduje obsah těkavých sloučenin v misu. Vůně misa je snadno ovlivnitelná tepelným zpracováním. Změny ve vůni polévky rýžového misa během plynové chromatografie ohřevu byly zkoumány pomocí mikroextrakce na pevné fázi a koncentrace složek s nízkou termostabilitou, jako jsou vinylové ketony poklesla, a naopak koncentrace derivátů aminokyselin produkovaných Maillardovou reakcí vzrostla. Ve většině případů je ohřev polévky zkrácen co nejvíce, aby byla zachována syrová vůně misa. Nicméně vařené miso, obzvláště vařené sójové miso, je často používáno pro produkci chuti umami. Umami chuť je dlouhotrvající chuť, která je důležitá pro chutnost japonské kuchyně. Důležité je také objasnit vztah mezi vůní a chutí vařeného sójového misa (Inoue et al. 2016).

5.6 Natto

Natto je japonský fermentovaný sójový produkt vyrobený z vařených sójových bobů, který je populární a má v Japonsku velkou tradici. Je fermentován bakteriálním kmenem *Bacillus subtilis natto*, který vytváří jedinečnou chuť a viskozní strukturu (Kim et al. 2012).

Pro výrobu natta se rozprášené a vařené sójové boby postříkají roztokem, který je inokulován *B. subtilis* a poté se směs fermetuje po dobu 15 až 24 hodin v místnosti s konstantní teplotou kolem 40 °C. Následně se sójové boby schladí a nechají se zrát asi 24 hodin. Vzhledem k tomu, že produkty mají trvanlivost přibližně 1 týden, jsou běžně skladovány při teplotě mrazu (Kim et al. 2012).

Předpokládá se, že vysoká konzumace sóji je spojena s preventivními účinky proti kardiovaskulárním onemocněním (CVD). Současné důkazy mezi příjmem sóji a rizikem CVD zůstávají nekonzistentní. Pouze v některých studiích byl vysoký příjem sóji spojen s nižším rizikem ischemických srdečních chorob nebo cévních mozkových příhod, ale ne s jinými. Nattokianáza je enzym obsažený v extraktech natta, které mohou rozpustit tromby a fibrin. Jeho trombolytická účinnost byla prokázána v laboratorních studiích, ve kterých nattokianáza měla čtyřikrát silnější antitrombotickou aktivitu než plasmin.

Nattokianáza je slibný enzym, který snižuje riziko trombózy, zvyšuje markery fibrinolýzy a antikoagulace nebo snižuje krevní tlak u lidí (Nagata et al. 2017).

Natto obsahuje bohaté potravinové aminokyselinové prekurzory biogenních aminů, proto je důležité sledovat jejich hladinu v produktech. Výsledkem je poměrně vysoké zastoupení β -fenylethylaminu a tyraminu, které mohou mít negativní vliv na lidské zdraví. Obsah biogenních aminů v nattu je ovlivněn mikrobiální aktivitou, surovinami a fyzikálně chemickými vlastnostmi (Kim et al. 2012).

5.7 Sójová mouka

Sójová mouka je všestrannou složkou sójových potravin díky své funkčnosti, nutriční kvalitě a nízkým výrobním nákladům. Dodává se ve třech hlavních formách, přírodní nebo plnotučné, odtučněné nebo lecithinového typu mouky. Aby výrobci splnili požadavky na optimální nutriční hodnotu a funkční vlastnosti, musí aplikovat tepelné ošetření (Liu & Kuo 2016).

Chleby jsou základní dietní složkou v mnoha zemích a jsou připravovány hlavně z pšeničné mouky obsahující lepek. Lepek je zodpovědný za kvalitu chleba, ale může způsobit alergickou reakci a celiakii. Sójové boby mají jako pečivarenský materiál atraktivnější funkční vlastnosti, včetně jejich vysokého zadržování vody, schopnosti pění a lepší manipulace s těsty. Zejména sójové bílkoviny byly použity k napodobení viskoelastických vlastností lepku v těstě pšenice. Sójové mouky s obsahem sóji do 30 % tedy částečně nahrazují pšeničné mouky v různých pekařských výrobcích. Je však obtížné 100 % nahradit mouku pšeničnou moukou sójovou v pekařských výrobcích kvůli její výsledné chuti a husté struktuře (Shin et al. 2013).

Jednou z přetrvávajících překážek pro přijetí sójových potravin je jejich fazolová (luštěninová) chuť, způsobená oxidací nenasycených mastných kyselin v sójovém oleji na těkavé sloučeniny. Několik studií se zabývalo možnostmi odstranění fazolové (luštěninové) chutě. Byly Použity dva typy zpracování: První byl na bázi tepelného zpracování, tj. napařování, pražení nebo pečení a druhý typ byl na bázi ne-tepelného zpracování, např. klíčení. Výsledkem bylo zjištění, že způsob ohřevu hraje důležitou roli, přičemž napařování a pražení bylo nejúčinnější. Tyto výsledky by měly podpořit vývoj zdravějšího chleba s novou chutí a využití funkčních surovin, kterými jsou právě sójové boby (Shin et al. 2013).

5.8 Sójový olej a lecithin

Sójový olej snižuje vstřebávání cholesterolu ve střevě a má větší zastoupení nenasycených mastných kyselin, které pozitivně ovlivňují lidské zdraví. Při tepelné úpravě sójového oleje, např. při jeho použití ke smažení však dochází k vzniku trans-nenasycených mastných kyselin, které negativně působí ve výživě. Lecithin je nejvýznamnější fosfolipid, který má pozitivní účinek na snížení rizika vzniku koronárního onemocnění srdce, zánětů, hyperlipidemie a zároveň zlepšuje paměťovou funkci. Podrobněji je sójový olej a lecithin popsán v kapitole 4.3.1 a 4.3.2.

6 Vyhodnocení dotazníku a rozbor výsledků

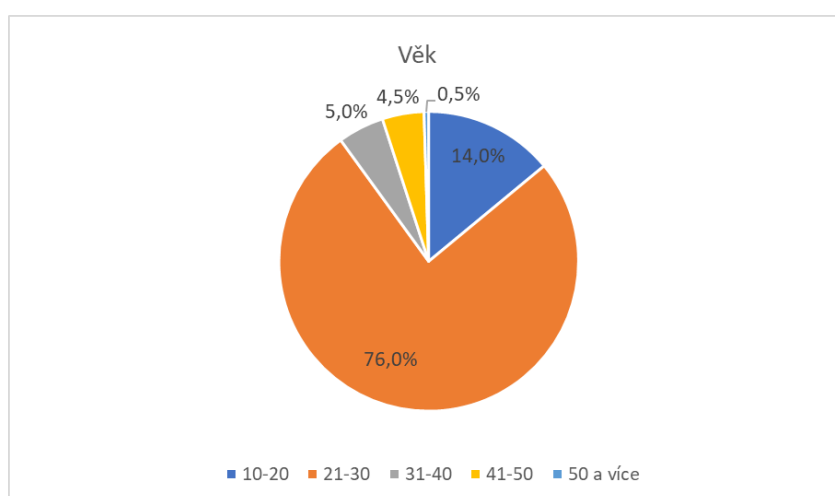
Dotazník byl zpracován na téma, Konzumace sóji a sójových výrobků. Respondenti mohli odpovídat od listopadu 2018 do února 2019. Byl anonymní a skládal se celkem z 15 otázek, zvolit bylo možné pouze jednu odpověď. Dotazník navštívilo 239 lidí, ale pouze 200 z nich odpovědělo na všechny otázky. Úspěšnost vyplnění dotazníku se pohybuje kolem cca 84 %.

6.1 Otázka č.1: Jakého jste pohlaví?

Dotazník úspěšně vyplnilo 155 žen a 45 mužů.

6.2 Otázka č.2: Kolik je vám let?

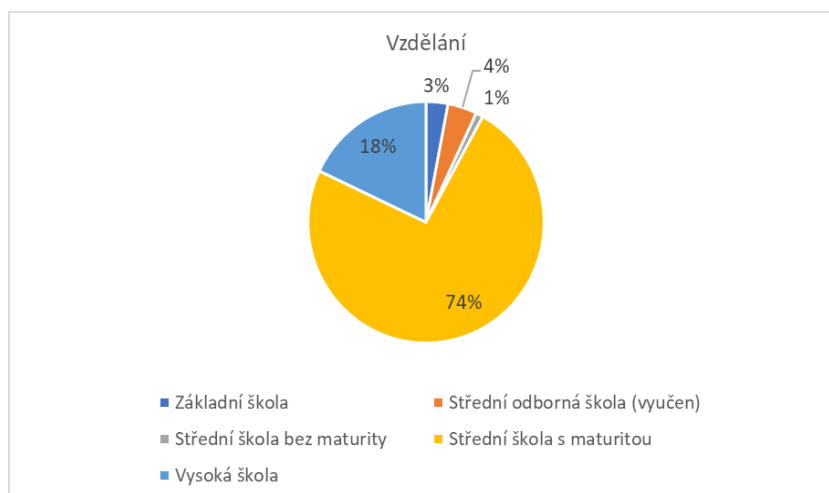
Graf č.1



Nejvíce se průzkumu zúčastnila věková skupina ve věku 21–30 let, což je pochopitelné, protože dotazník byl rozesílán prostřednictvím sociálních sítí, které tato věková skupina nejvíce navštěvuje. 24 % tvoří zbylé věkové kategorie. Větší část tvoří skupina ve věku 10–20 let, a to až 14 %. Zbylé věkové kategorie mají minimální zastoupení, celkově 10 %, což odpovídá 20 respondentům. Ve věku 31–40 let odpovědělo 10 respondentů a skupina s věkovým zastoupením 41–50 byla zastoupena 9 respondenty. Pouze 1 respondent měl více než 50 let (viz Graf č.1).

6.3 Otázka č.3: Jaké máte vzdělání?

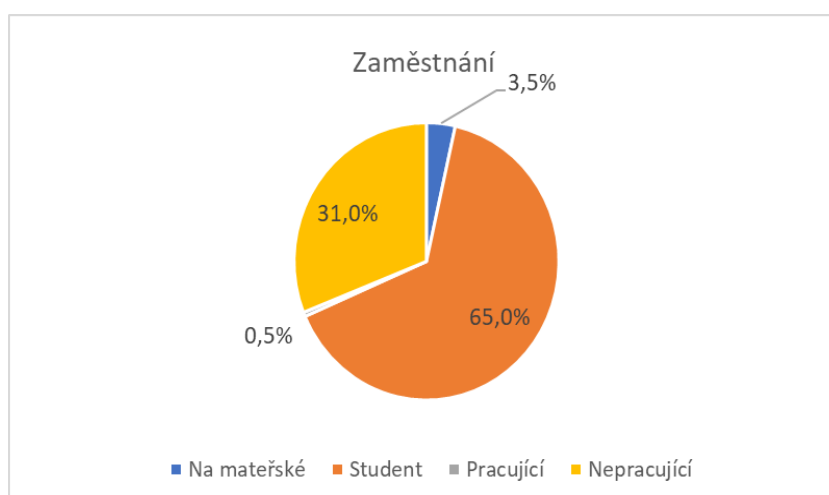
Graf č.2



Jak je zřejmé na Grafu č.2, 74 % respondentů má středoškolské vzdělání s maturitou. Druhou nejpočetnější skupinou jsou vysokoškoláci, kteří jsou zastoupeni 18 %, zbytek respondentů tvoří 8 %. Z toho celkem 6 respondentů má základní vzdělání (pouze ženy). 2 respondenti absolvovali střední školu bez maturity, v této kategorii dominovaly ženy. 8 respondentů ukončilo střední odbornou školu, v této kategorii zastoupení podle pohlaví bylo v poměru 1:1.

6.4 Otázka č.4: Jaký máte typ zaměstnání?

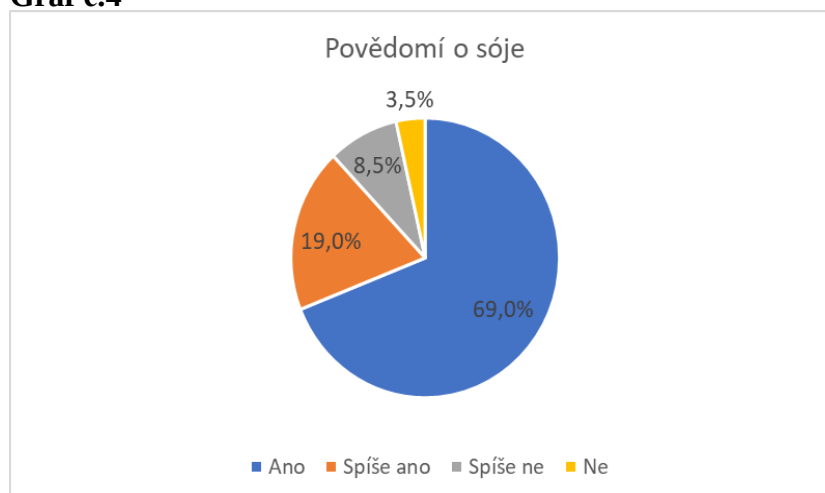
Graf č.3



Největší zastoupení mají studenti, což je opět pochopitelné, jelikož dotazník byl z větší části rozesílán na studentské stránky. Hned na druhé místo se zařadili ti, kteří nejsou v zaměstnání a zbytek tvoří matky na mateřské dovolené a lidé v zaměstnání (viz Graf č.3).

6.5 Otázka č.5: Znáte hospodářskou rostlinu sóju luštinatou?

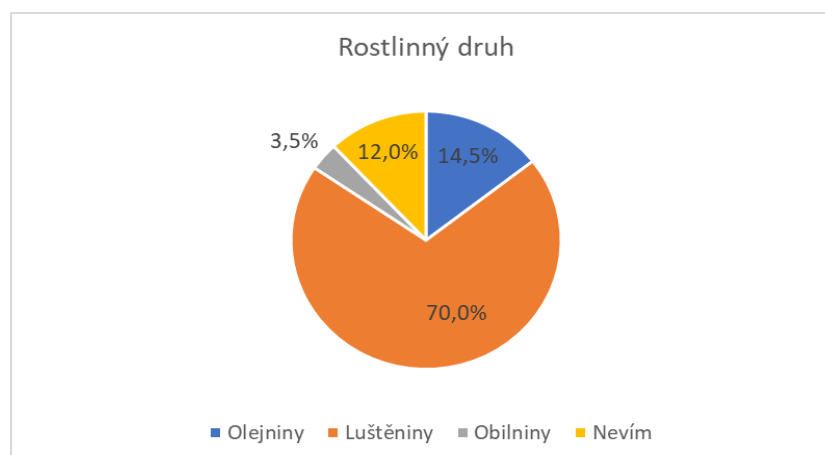
Graf č.4



Z Grafu č.4 vyplývá, že více jak 3,5 % dotázaných nezná sóju. Jsou to převážně muži a také 2 ženy ve věku kolem 20 let. Skupina respondentů, kteří mají povědomí o existenci sóji tvoří 19 % z toho je 30 respondentek ve věku 20 až 30 let a pouhých 8 respondentů muži opět ve věku 20 až 30 let. Ze 138 dotázaných je 111 respondentek a 27 respondentů, kteří sóju dobře znají. Jejich věkový průměr je cca 25 let a mají středoškolské nebo vysokoškolské vzdělání.

6.6 Otázka č.6: Do jakého rostlinného druhu se sója řadí?

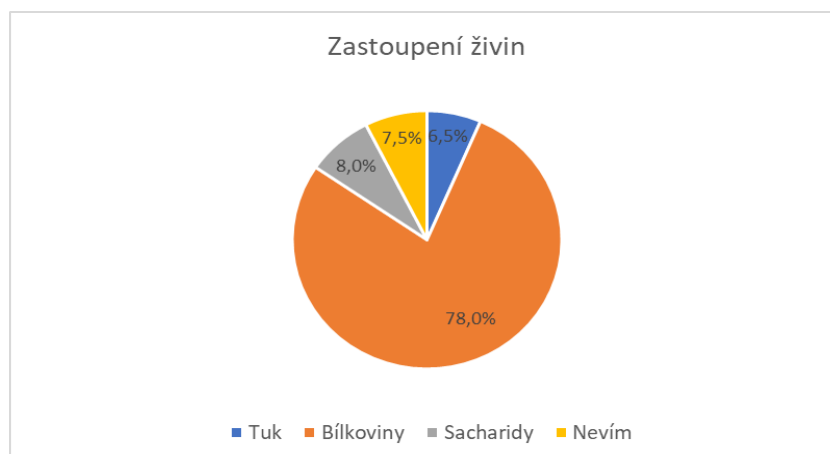
Graf č.5



Sója se z botanického hlediska řadí do luštěnin, vychází to už z jejího rostlinného názvu sója luštinatá (*Glycine max*), to znamená, že 70 % respondentů odpovědělo správně. Ovšem ti, kteří odpověděli, že sója se řadí do olejin, neodpověděli zcela špatně, protože způsobem zpracování se sója řadí mezi olejniny, a to díky vysokému obsahu tuku. Odpověď nevím, bych nehodnotila jako negativum, jedná se v podstatě o sporně položenou otázku. Procentuální zařazení sóji do obilnin přibližně odpovídá procentuálnímu podílu těch, kteří sóju neznají (viz Graf č.5).

6.7 Otázka č.7: Která z živin je v sóje nejvíce zastoupená?

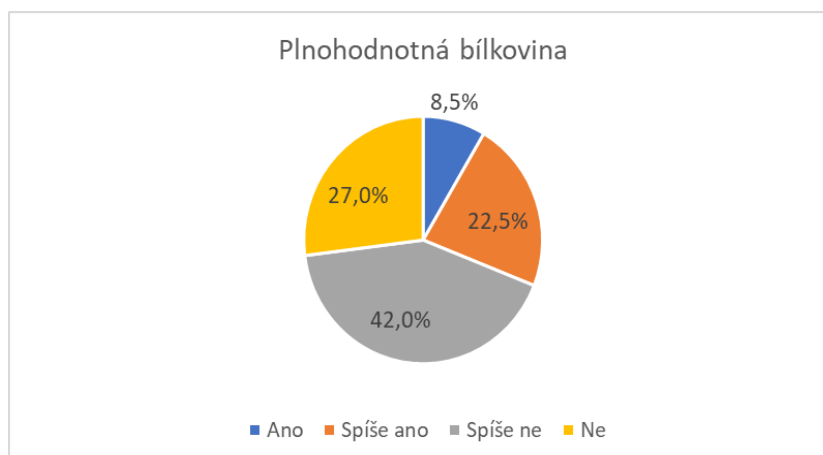
Graf č.6



Nutričně významné látky sóji jsou bílkoviny a tuky. Podle jejich procentuálního zastoupení jsou na prvním místě bílkoviny a až potom tuky. Z Grafu č.6 vyplývá, že většina lidí odpověděla správně, tzn. bílkoviny. Zbylé odpovědi jsou víceméně vyvážené. Zajímavé je, že tuky, ač jsou druhou nejzastoupenější skupinou v sóje, mají nejmenší zastoupení v odpovědích. Z toho vyplývá, že do podvědomí lidí se tuky významně tolik nezapsaly.

6.8 Otázka č.8: Myslíte si, že sója dokáže plnohodnotně nahradit maso?

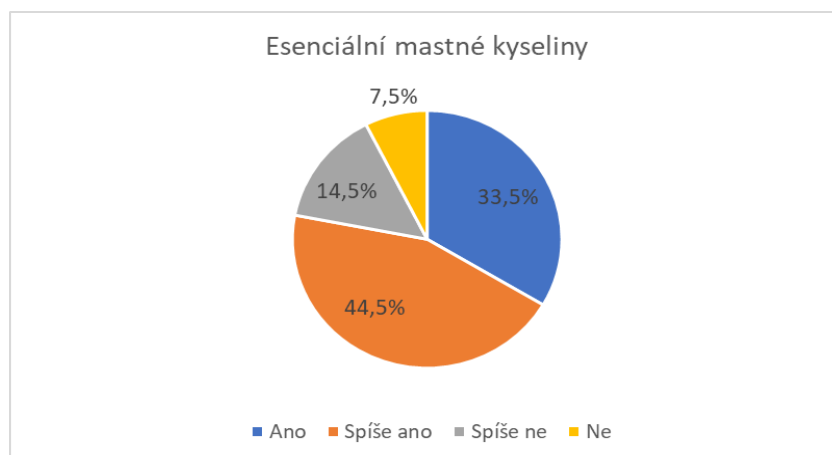
Graf č.7



Na první pohled je vidět, že odpovědi jsou různorodé. Sója nedokáže plnohodnotně nahradit maso, pokud není kombinována s jinými rostlinnými bílkovinami, které jsou bohaté na sirné aminokyseliny, protože právě ty sóje chybí. Výsledek není úplně uspokojivý, přestože téměř 69 % odpovědí bylo správných, stále si přibližně 31 % respondentů myslí, že sója může plnohodnotně nahradit živočišné bílkoviny, a to je z hlediska výživy vegetariánů zavádějící (viz Graf č.7).

6.9 Otázka č.9: Obsahuje sója esenciální mastné kyseliny?

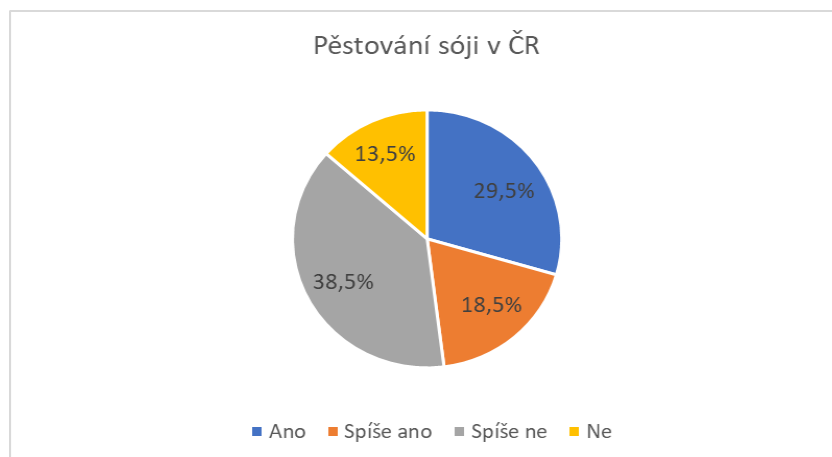
Graf č.8



Z Grafu č.8 vyplývá, že 78 %, tzn. 158 respondentů odpovědělo správně. Ženy mají zastoupení 118 hlasy a muži pouhými 38. Zbylých 22 % zodpovědělo otázku špatně, ale opět měly převahu ženy. Většina respondentů jsou studenti nebo pracující lidé ve věku 20–30 let. Sójové boby obsahují jak nasycené, tak nenasycené mastné kyseliny, důležitý je jejich poměr. Nasycené mastné kyseliny tvoří 15,5 % a zbylých 85,5 % tvoří nenasycené mastné kyseliny, z nich připadá 60 % na tzv. polyenové mastné kyseliny. 53 % polyenových mastných kyselin, tvoří esenciální linolová kyselina a 7 % esenciální α -linolenová kyselina.

6.10 Otázka č.10: Pěstuje se sója v ČR?

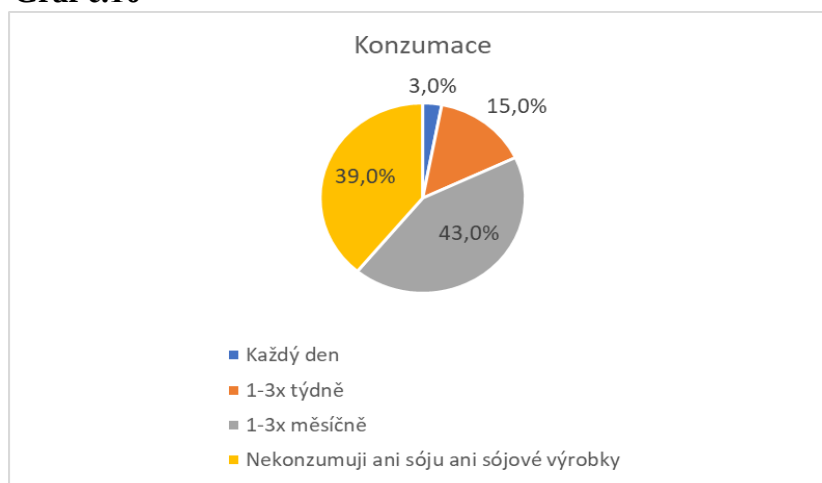
Graf č.9



V České republice se sója pěstuje ve velmi malé míře, jelikož zde nejsou úplně vhodné podmínky pro její pěstování. Respondenti se (viz Graf č.9) rozdělili přibližně na dvě poloviny, o 2 % má více skupina zastávající názor, že sója se v ČR nepěstuje, což je špatná odpověď. Vysoké procento špatných odpovědí souvisí pravděpodobně se skutečností, že sója se pěstuje pouze na velmi malé ploše.

6.11 Otázka č.11: Jak často konzumujete sóju nebo sójové výrobky?

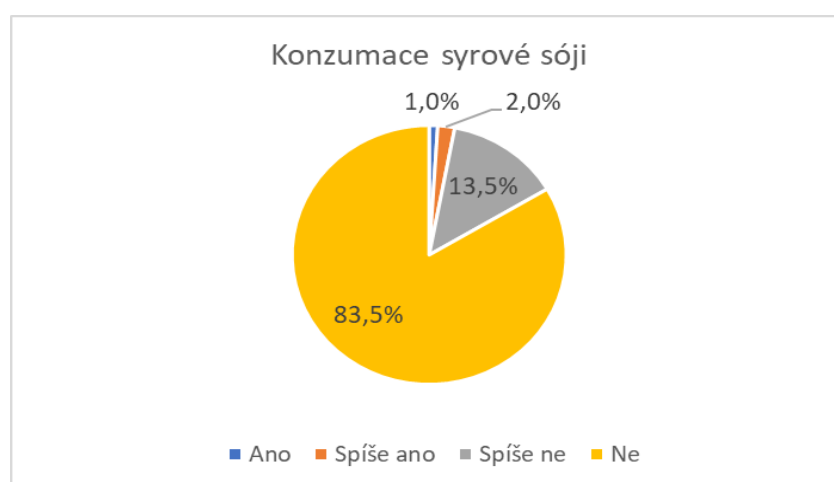
Graf č.10



Graf č.10 ukazuje, že jen velmi malé procento dotázaných (3,0 %) konzumuje sóju nebo sójové výrobky každý den. Dále je z grafu zřejmé, že téměř 40 % respondentů nikdy nekonzumuje sóju ani sójové výrobky, a to odpovídá skutečnosti, že 34,2 % všech zúčastněných žen a 55 % všech zúčastněných mužů, tedy více než polovina, nikdy do své stravy nezařadili sóju ani sójové výrobky. Tento stav není uspokojivý a sója by více měla vstoupit do podvědomí lidí (je třeba se o to pokusit). Sója by se měla konzumovat přibližně 3krát do týdne. Nedoporučuje se však, aby sóju konzumovali děti, kojící a těhotné ženy.

6.12 Otázka č.12: Konzumujete syrovou sóju?

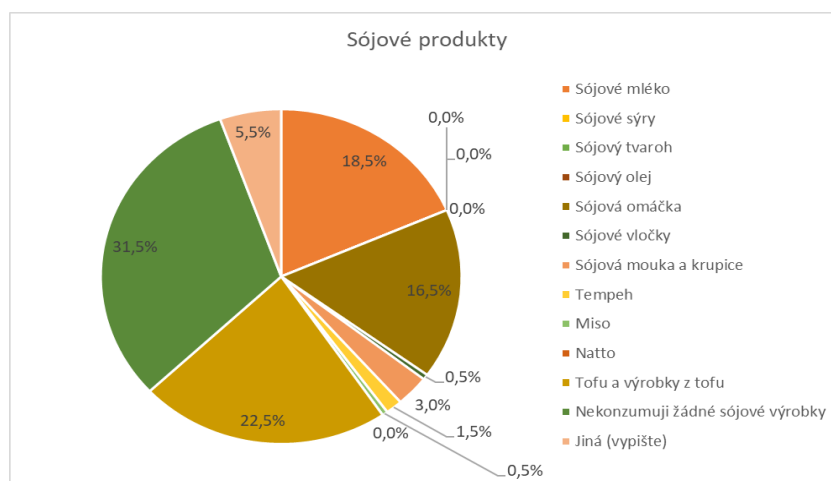
Graf č.11



Odpověď na tuto otázku je jednoznačná, 150 žen a 44 mužů, což odpovídá 97 % respondentů ve věku 20–30 let nekonzumuje sóju v syrovém stavu. Spíše se tedy bude jednat o konzumaci sójových výrobků (viz Graf č.11).

6.13 Otázka č.13: Jaké konzumujete sójové výrobky?

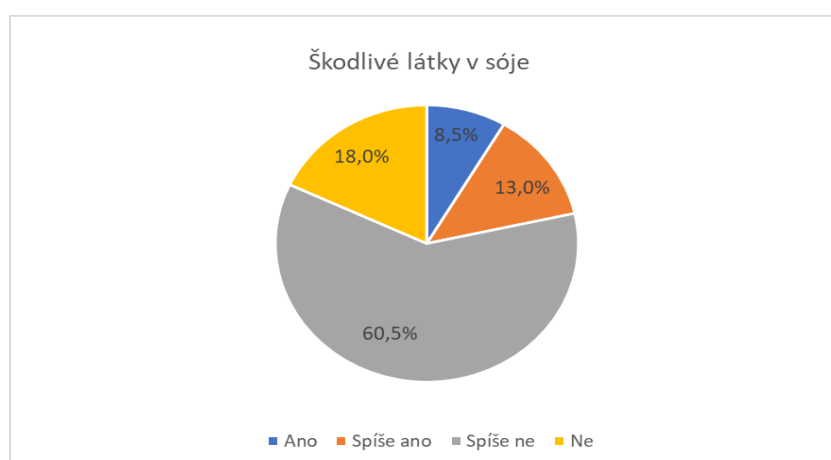
Graf č.12



Mezi nejvíce konzumované sójové výrobky patří sójové mléko (18,5 %), sójová omáčka (16,5 %), tofu a výrobky z tofu (22,5 %). V menší míře je zastoupena sójová mouka a krupice, sójové vločky, tempeh a miso. Samozřejmě největší zastoupení tvoří respondenti, kteří nekonzumují žádné sójové výrobky (viz Graf č.12).

6.14 Otázka č.14: Myslíte si, že sója obsahuje škodlivé látky?

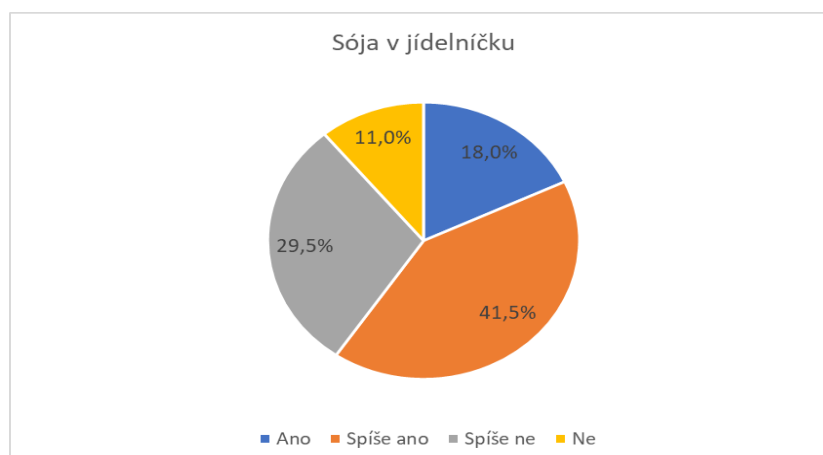
Graf č.13



Mimo to, že sója má řadu kladných vlastností, má i negativní, a to v podobě antinutričních látek mezi něž se řadí inhibitory proteáz, fytoestrogeny, saponiny a oligosacharidy. Pouze přibližně jedna pětina respondentů si je jistá s tím, že sója obsahuje škodlivé látky (viz Graf č.13).

6.15 Otázka č.15: Měla by se sója více zakomponovat do jídelníčku?

Graf č.14



Tato otázka velmi úzce souvisí s otázkou č.14. Sója je prospěšná plodina, která obsahuje mnoho pozitivních látek, přesto obsahuje i určité množství látek, které jsou zdraví škodlivé. V asijských zemích je spotřeba sóji nebo sójových výrobků vysoká, v těchto zemích by se rozhodně nemělo doporučovat zvyšovat konzumaci sóji. Naopak v Evropě by se měla sója více zakomponovat do jídelníčku, ovšem její spotřeba by se měla stále sledovat. V Americe spotřebují méně sóji, ovšem oproti Evropě je spotřeba větší. Většina respondentů (cca 60 %) tedy odpověděla správně (viz Graf č.14).

6.15.1 Celkové vyhodnocení dotazníku

Hlavním cílem dotazníku bylo zjistit, jak je sója zapsána v podvědomí dotázaných, dále jaký mají vztah k sóje, a jak často ji nebo sójové výrobky konzumují. Otázky dotazníku zodpovědělo 200 lidí prostřednictvím sociálních sítí, přibližně 155 respondentů tvořily ženy a pouhých 45 muži. Většina respondentů byla ve věku přibližně 20 až 30 let se středoškolským nebo vysokoškolským vzděláním. Vždy více jak 60 % dotázaných odpovědělo správně na otázky týkající se sóji.

Velmi překvapivé je správné zařazení sóji do rostlinného druhu. V České republice převládá výroba sójového oleje nad přímou konzumací sóji a sójových výrobků, proto je překvapivé, že na otázku, která živina je v sóje zastoupena nejvíce pouze 6,5 % zvolilo odpověď tuky. Tato odpověď není správná, hlavní živinou v sóje jsou bílkoviny.

Převažující správné odpovědi signalizují dobré znalosti respondentů o vlastnostech sóji. Každý obyvatel České republiky ročně zkonsumuje průměrně 1–2 kg luštěnin, jedná se o malé množství a tato skutečnost odpovídá vyhodnocení dotazníku, z kterého vyplývá, že 40 % respondentů nikdy nepožilo sóju ani sójové výrobky.

Lidé vědí, že sója nedokáže plnohodnotně nahradit maso, ale neznají příčinu. Sója obsahuje škodlivé látky. Pouze 21,5 % respondentů, si je toho vědoma.

V ČR je velmi malá spotřeba konzumace luštěnin, na základě znalostí o sóje bych doporučila, aby se v České republice zvýšila její konzumace a byl rozšířen sortiment sójových výrobků. Mezi nejvíce konzumované sójové výrobky v České republice patří sójové mléko, tempeh, tofu a výrobky z tofu. Výsledek dotazníku předčil mé očekávání, čekala jsem mnohem více neznalostí o sóje i menší konzumaci sóji nebo sójových výrobků. Pokud by se však ankety zúčastnilo více respondentů z vyšších věkových skupin, byly by výsledky pravděpodobně zcela jiné.

7 Závěr

Sójové boby jsou bohaté na bílkoviny, kde je přítomno téměř celé spektrum esenciálních aminokyselin. Nevýhodou sójových bobů jsou chybějící sirné aminokyseliny, tj methion a cystein, a proto pouze v kombinaci s jinou rostlinou bílkovinou dokáží plnohodnotně nahradit maso. S konzumací sójových bílkovin také dochází ke snížení cholesterolu v krvi, a tím se snižuje riziko vzniku aterosklerózy, hypercholesterolemie a kardiovaskulárních onemocněních.

V sóje tvoří tuky 20 % a jejich hlavní využití je výroba sójového oleje, proto se sója řadí i mezi olejniny. Větší zastoupení mají nenasycené mastné kyseliny, zejména esenciální linolová a α -linolenová kyselina, které kladně působí na lidské zdraví. Mezi složené tuky sójových bobů patří fosfolipidy, které mají pozitivní účinek při redukci koronárního onemocnění srdce, zánětů, hyperlipidemie, a naopak zlepšují paměťovou funkci. Méně významné složky sóji jsou sacharidy, které jsou obtížně stravitelné a mikronutrienty, tj. vitamíny skupiny B, prekurzory vitamínu A, vitamín C, vitamín E, vitamín K a minerální látky, zejména Ca a P, dále též Zn, Mg, Fe, K a Na.

Sója obsahuje také antinutriční látky, a to inhibitory proteáz, fytoestrogeny, saponiny, oligosacharidy a goitrogeny. Oligosacharidy v sójových bobech jsou těžce stravitelné a využitelné, jejich hlavní využití je pro růst bakterií v tlustém střevě. Negativní stránka oligosacharidů je jejich trávení, které je spojeno s tvorbou plynů, např. oxidu uhličitého, methanu, vodíku, aj. Výjimku tvoří sójové produkty, v nichž je obsah oligosacharidů snížen, jsou tedy vhodné pro osoby s diabetem.

Fytoestrogeny jsou nezbytnou součástí lidské potravy, jejich konzumací se snižuje riziko vzniku rakoviny, srdečních problémů, stimulují tvorbu kostí a zpomalují ztrátu kostní hmoty. Dělí se do čtyř základních skupin, z nichž jednu tvoří sójové isoflavony, které jsou významné inhibicí rakoviny prsu a prostaty. Genistein je hlavní sójový isoflavon, který působí proti neurotoxickému stresu, podporuje paměť, učení a další kognitivní funkce. Ovšem i tak jsou fytoestrogeny označovány jako potenciálně rizikové látky, které postihují endokrinní systém, normální funkci hormonálních a reprodukčních systémů. Fytochemikálie, které jsou součástí fytoestrogenů, mohou mít neurotoxický, imunotoxický, karcinogenní, mutagenní a vývojově toxický charakter.

Goitrogeny jsou sloučeniny, které ovlivňují sekreci hormonů štítné žlázy. Při narušení sekrece štítné žlázy dochází k hypothyreóze. Ta představuje velké riziko hlavně u dětí a těhotných žen.

Saponiny jsou přirozeně vyskytující se fytochemikálie, které přispívají k nepříjemnému pachu a hořkosti sóji. Na zdraví mají spíše pozitivní vliv, jelikož inhibují účinek infekce HIV a také zabraňují proliferaci rakoviny tlustého střeva.

Další možné riziko sojových bobů je přítomnost purinových látek, které v případě konzumace potravin s jejich obsahem mohou zapříčinit vznik hyperurikémie nebo onemocnění zvané dna.

V dnešní době jde o snahu snížit nebezpečí spojené s výživou potravin na bázi sóji. Především jde o pokles nebo odstranění antimikrobiálních látek správnou metodou a technikou zpracování, avšak některé metody mohou snížit obsah nezbytných látek, a naopak vytvořit nežádoucí sloučeniny.

Fermentace je metoda, která se běžně používá pro výrobu sojových produktů. Principem fermentace sojových produktů je především využití mikroorganismů. Sojové produkty mají dobrou nutriční hodnotu, a proto je o ně větší zájem. Sortiment sojových výrobků je široký, ale mezi nejvíce konzumované sojové výrobky v České republice patří sojové mléko, tempeh, sojová omáčka, tofu a výrobky z tofu.

8 Literatura

Ahmed FE. 2002. Detection of genetically modified organisms in foods. *Trends in Biotechnology* **20**:215–223.

Al Loman A, Ju LK. 2017. Enzyme-based processing of soybean carbohydrate: Recent developments and future prospects. *Enzyme and Microbial Technology* **106**:35–47.

Anderson JW, Johnstone BM, Cook-Newell ME. 1995. Meta-analysis of the effects of soy protein intake on serum lipids. *The New England Journal of Medicine* **333**:276–282.

Anderson RL, Wolf WJ. 1995. Compositional Changes in Trypsin Inhibitors, Phytic Acid, Saponins and Isoflavones Related to Soybean Processing. *The Journal of Nutrition* **125**:581–588.

Anta L, Luisa Marina M, Concepción García M. 2010. Simultaneous and rapid determination of the anticarcinogenic proteins Bowman-Birk inhibitor and lectin in soybean crops by perfusion RP-HPLC. *Journal of Chromatography A* **1217**:7138–7143.

Aoki H, Furuya Y, Endo Y, Fujimoto K. 2014. Effect of γ -Aminobutyric Acid-enriched Tempeh-like Fermented Soybean (GABA-Tempeh) on the Blood Pressure of Spontaneously Hypertensive Rats. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry* **67**:1806–1808.

Batal AB, Dale NM, Saha UK. 2010. Mineral composition of corn and soybean meal. *The Journal of Applied Poultry Research* **19**:361–364.

Bouchenak M, Lamri–Senhadji M. 2013. Nutritional Quality of Legumes and Their Role in Cardiometabolic Risk Prevention. *Journal of Medicinal Food* **16**:185–198.

Brát J. 2002. Sója ano, či ne. *Practicus: odborný časopis Společnosti všeobecného lékařství ČSL JEP* **17**:24–27.

Dixon RA. 2004. Phytoestrogens. *Annual Review of Plant Biology* **55**:225–61.

Dostálová J. 2011. Tuky v potravinách a jejich nutriční hodnocení. *Interní medicína pro praxi* **13**:347–349.

Dostálová J. 2014. Luštěniny a jejich význam v lidské výživě. *Výživa a potraviny* **14**:114–116.

Dostálová R. 2017. Sója a výrobky ze sóji. Česká technologická platforma pro potraviny **23**:1–21.

Eslami O, Shidfar F. 2019. Soy milk: A functional beverage with hypocholesterolemic effects? A systematic review of randomized controlled trials: A functional beverage with hypocholesterolemic effects? A systematic review of randomized controlled trials. *Complementary Therapies in Medicine* **42**:82–88.

Etiosa O, Chika N, Benedicta A. 2018. Mineral and proximate composition of soya bean. *Asian Journal of Physical and Chemical Sciences* **4**:1–6.

Fearnside PM. 2001. Soybean cultivation as a threat to the environment in Brazil. Cambridge University Press **28**:23–38.

Fei Y, Li L, Chen L, Zheng Y, Yu B. 2018. High-throughput sequencing and culture-based approaches to analyze microbial diversity associated with chemical changes in naturally fermented tofu whey, a traditional Chinese tofu-coagulant. *Food Microbiology* **76**:69–77.

Fidaleo M, Moresi M, Cammaroto A, Ladrang N, Nardi R. 2012. Soy sauce desalting by electrodialysis. *Journal of Food Engineering* **110**:175–181.

Fuller MF. 2004. *Encyclopedia of Farm Animal Nutrition*. Cabi, United Kingdom.

Gonciulea AR, Sellmeyer DE. 2017. The effect of dietary protein source on serum lipids: Secondary data analysis from a randomized clinical trial. *Journal of Clinical Lipidology* **11**:46–54.

Grant G. 1989. Anti-nutritional effects of soyabean: a review. *Progress in food & nutrition science* **13**:317–348.

Haidar CN, Coscueta E, Cordisco E, Nerli BB, Malpiedi LP. 2018. Aqueous micellar two-phase system as an alternative method to selectively remove soy antinutritional factors. *LWT* **93**:665–672.

Henderson CG. 2016. Soybean Oil: Uses, Properties and Role in Human Health: Food Science and Technology Series. Nova Science Publishers, New York.

Chaker L, Bianco AC, Jonklaas J, Peeters RP. 2017. Hypothyroidism. The Lancet **390**:1550–1562.

İçier F, GÜndÜz GT, Yilmaz B, Memeli Z, 2015. Changes on some quality characteristics of fermented soy milk beverage with added apple juice. LWT–Food Science and Technology **63**:57–64.

Inoue Y, Kato S, Saikusa M, Suzuki Ch, Otsubo Y, Tanaka Y, Watanabe H, Hayase F. 2016. Analysis of the cooked aroma and odorants that contribute to umami aftertaste of soy miso (Japanese soybean paste). Food Chemistry **213**:521–528.

Jambunathan R, Sudhir P, Rajan V, Sadhana V, Hall S. 1991. Uses of Tropical Grain Legumes Proceedings of a Consultants Meeting. ICRISAT Center India, India.

Jayachandran M, Xu B. 2019. An insight into the health benefits of fermented soy products. Food Chemistry **271**:362–371.

Jeleń H, Majcher M, Ginja A, Kuligowski M. 2013. Determination of compounds responsible for tempeh aroma. Food Chemistry **141**:459–465.

Jenkins D. 2017. Soy protein. Journal of Clinical Lipidology **11**:307–308.

Jia M, Wu Y, Lin B, Shi Y, Zhang Q, Lin Y, Wang S, Zhang Y. 2019. Meta-analysis of the association between maternal subclinical hypothyroidism and gestational diabetes mellitus. International Journal of Gynecology & Obstetrics **144**:239–247.

Joseph E, Houghton E. 2014. Tofu Ice Cream. Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics **114**:A-49

Kadlec P, et al. 2002. Technologie potravin I. VŠCHT Praha. Vysoká škola chemicko-technologická, Praha.

- Kaneko K, Kudo Y, Yamanobe T, Mawatari K, Yasuda M, Nakagomi K, Fujimori S. 2008. Purine Contents of Soybean-Derived Foods and Selected Japanese Vegetables and Mushrooms. *Nucleosides, Nucleotides and Nucleic Acids* **27**:628–630.
- Kim B, Byun BY, Mah JH. 2012. Biogenic amine formation and bacterial contribution in Natto products. *Food Chemistry* **135**:2005–2011.
- Kwack SJ, Kim KB, Kim HS, Yoon KS, Lee BM. 2009. Risk Assessment of Soybean-Based Phytoestrogens. *Journal of Toxicology and Environmental Health* **72**:1254–1261.
- Lee DY, Kwon KH, Chai Ch, Oh SW. 2017. Microbial contamination of tofu in Korea and growth characteristics of *Bacillus cereus* isolates in Tofu. *LWT* **78**:63–69.
- Li J, Xiang Q, Liu X, Ding T, Zhang X, Zhai Y, Bai Y. 2017. Inactivation of soybean trypsin inhibitor by dielectric-barrier discharge (DBD) plasma. *Food Chemistry* **232**:515–522.
- Liu EYL, Xu ML, Jin Y, Wu Q, Dong TTX, Tsim KWK. 2018. Genistein, a Phytoestrogen in Soybean, Induces the Expression of Acetylcholinesterase via G Protein-Coupled Receptor 30 in PC12 Cells. *Frontiers in Molecular Neuroscience* **11**:1–11.
- Liu HH, Kuo MI. 2016. Ultra high pressure homogenization effect on the proteins in soy flour. *Food Hydrocolloids* **52**:741–748.
- Liu X, Cui J, Leng K, Xue Ch, Li Z, Xue Y, Wang Y. 2016. Docosahexaenoic acid-enriched phospholipids exhibit superior effects on obesity-related metabolic disorders to egg yolk phospholipids and soybean phospholipids in mice. *European Journal of Lipid Science and Technology* **118**:1712–1721.
- Mejia A, Harwatt H, Jaceldo-Siegl K, Sranacharoenpong K, Soret S, Sabaté J. 2017. Greenhouse Gas Emissions Generated by Tofu Production: A Case Study. *Journal of Hunger & Environmental Nutrition* **13**:131–142.
- Meng S, Chang S, Gillen AM, Zhang Y. 2016. Protein and quality analyses of accessions from the USDA soybean germplasm collection for tofu production. *Food Chemistry* **213**:31–39.

Messina M. 2000. Soy foods and soybean phytoestrogens. *Canadian Journal of Dietetic Practice and Research* **61**:1.

Messina M. 2016. Soy and health update: evaluation of the clinical and epidemiologic literature. *Nutrients* (e754) DOI: 10.3390/nu8120754.

Milkovska-Stamenova S, Krieg L, Hoffmann R. 2019. Products of Early and Advanced Glycation in the Soy Milk Proteome. *Molecular Nutrition & Food Research* (e1800725) DOI: 10.1002/mnfr.201800725.

Nagata Ch, Wada K, Tamura T, Konishi K, Goto Y, Koda S, Kawachi T, Tsuji M, Nakamura K. 2017. Dietary soy and natto intake and cardiovascular disease mortality in Japanese adults: the Takayama study. *The American Journal of Clinical Nutrition* **105**:426–431.

Nakajima N, Nozaki N, Ishihara K, Ishikawa A, Tsuji H. 2005. Analysis of isoflavone content in tempeh, a fermented soybean, and preparation of a new isoflavone-enriched tempeh. *Journal of Bioscience and Bioengineering* **100**:685–687.

Nishinari K, Fang Y, Guo S, Phillips GO. 2014. Soy proteins: A review on composition, aggregation and emulsification. *Food Hydrocolloids* **39**:301–318.

Panda PK, et al. 2014. Antitumor effect of soybean lectin mediated through reactive oxygen species-dependent pathway. *Life Sciences* **111**:27–35.

Pathomrungsinyounggul P, Lewis MJ, Grandison AS. 2010. Effects of calcium-chelating agents and pasteurisation on certain properties of calcium-fortified soy milk. *Food Chemistry* **118**:808–814.

Petr J, Louda F. 1998. *Produkce potravinářských surovin*. VŠCHT, Praha.

Pujchakarn T, Suwonsichon S, Suwonsichon T. 2016. Development of a sensory lexicon for a specific subcategory of soy sauce: Seasoning soy sauce: Seasoning soy sauce. *Journal of Sensory Studies* **31**:443–452.

Salerno M, Capalbo D, Cerbone M, De Luca F. 2016. Subclinical hypothyroidism in childhood-current knowledge and open issues. *Nature Reviews Endocrinology* **12**:734–746.

- Shin DJ, Kim W, Kim Y. 2013. Physicochemical and sensory properties of soy bread made with germinated, steamed, and roasted soy flour. *Food Chemistry* **141**:517–523.
- St. Clair R. 1998. Cardiovascular effects of soybean phytoestrogens. *The American Journal of Cardiology* **82**:40–42.
- Su G, Chang KC. 2002. Trypsin Inhibitor Activity In Vitro Digestibility and Sensory Quality of Meat-Like Yuba Products as Affected by Processing. *Journal of Food Science* **67**:1260–1266.
- Sugiura K, Sugiura M. 2010. Soy sauce allergy. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology* **24**:852–855.
- Sundaramoorthy J, Park GT, Komagamine K, Tsukamoto Ch, Chang JH, Lee JD, Kim JH, Seo HS, Song JT. 2018. Biosynthesis of DDMP saponins in soybean is regulated by a distinct UDP-glycosyltransferase. *New Phytologist* **222**:261–274.
- Vagadia BH, Vanga SK, Raghavan V. 2017. Inactivation methods of soybean trypsin inhibitor. *Trends in Food Science & Technology* **64**:115–125.
- Velíšek J. 2002. *Chemie potravin 1*. OSSIS, Tábor.
- Velíšek J. 2002. *Chemie potravin 2*. OSSIS, Tábor.
- Vránová D. 2013. *Chronická onemocnění a doporučená výživová opatření*. ANAG, Olomouc.
- Yang F, Oyeyinka SA, Ma Y. 2016. Novel Synthesis of Phytosterol Ester from Soybean Sterol and Acetic Anhydride. *Journal of Food Science* **81**:1629–1635.
- Zhuang M, Lin L, Zhao M, Dong Y, Sun-Waterhouse D, Chen H, Qiu Ch, Su G. 2016. Sequence, taste and umami-enhancing effect of the peptides separated from soy sauce. *Food Chemistry* **206**:174–181.

9 Seznam použitých zkratk a symbolů

AICRA—americký institut pro výzkum rakoviny

BBI—Bowman—Birk inhibitor

DDMP—2,3-dihydro-2,5-dihydroxy-6-methyl-4H-pyran-4-onu

GMD—gestační diabetes mellitus

MD—Mez detekce

MTT—3-(dimethylthiazol-2-yl)-2,5-difenyltetrazoliumbromidu

NF—Neurofilamenta

PUFA—Polyénové nenasycené mastné kyseliny

SCH—subklinická hypotyreóza

SKTI—Sójový kunitzový inhibitor trypsinu

SPI—Izolát sójových bílkovin

TSH—tyrotropin

UDP—Dependentní glykosyltransferáza

WCRF—Světový fond pro výzkum rakoviny

