

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky



Vliv máčení na obsah oligosacharidů v luštěninách

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Markéta Jeníčková

Obor studia: Výživa a potraviny

Vedoucí práce: Ing. Roman Švejtil, Ph.D.

© 2020 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv máčení na obsah oligosacharidů v luštěninách" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové 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 diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 23.7. 2020

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu práce Ing. Romanu Švejstilovi, Ph.D., za ochotu a cenné rady, které mi poskytl při zpracování této diplomové práce.

Vliv máčení na obsah oligosacharidů v luštěninách

Souhrn

Luštěniny pozitivně ovlivňují lidské zdraví z hlediska obsahu bílkovin, tuků, sacharidů, vlákniny, minerálních látek a vitaminů ze skupiny B. Dále mohou způsobovat trávicí problémy (těžká stravitelnost, nadýmání), jejichž příčinou jsou nestravitelné oligosacharidy. Tyto sacharidy lze odstranit máčením, vařením, klíčením nebo fermentací. Obsah oligosacharidů rafinózové řady se liší podle druhu rostlin. Rafinóza se vyskytuje v zeli, cukrové řepě, fazolích a brokolici. Dále stachyóza v zelených fazolkách, sóje, hrášku, arašídech a verbaskóza v sóji.

Cílem této diplomové práce bylo ověřit vliv máčení na obsah oligosacharidů a určit ideální dobu máčení pro jednotlivé luštěniny. Pro stanovení obsahu oligosacharidů rafinózové řady v čočce a hrachu byl použit enzymatický test Megazyme (Raffinose / Sucrose / D-Glucose Assay Kit). Čočka a hrách byly máčeny po dobu 1-10 hodin, 24 hodin a poté dle návodu máčeny a vařeny s výměnou i bez výměny máčecí vody.

Z výsledků u čočky bylo zjištěno, že výrazný pokles RSO byl u vzorků, které byly máčeny a vařeny s výměnou vody / bez výměny vody oproti pouze máčeným vzorkům. Máčená a vařená čočka s výměnou vody obsahovala $0,99 \pm 0,14$ g RSO na 100 g mouky a máčená a vařená čočka bez výměny vody obsahovala $1,71 \pm 0,12$ g RSO na 100 g mouky. Mezi těmito vzorky byl zjištěn statisticky významný rozdíl ($P < 0,01$). Můžeme říci, že větší vliv na obsah RSO u čočky měl var s výměnou vody. Ze vzorků pouze máčených měl nižší obsah RSO vzorek, který byl máčen 24 hodin a to $2,27 \pm 0,04$ g RSO na 100 g mouky. Mezi tímto vzorkem a vzorkem máčení a var bez výměny vody nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl ($P > 0,01$). Naopak největší množství $3,18 \pm 0,07$ g RSO na 100 g mouky bylo zjištěno u vzorku, který byl máčen 7 hodin. Během máčení nedošlo k postupnému poklesu RSO.

U hrachu bylo zjištěno stejně jako u čočky, že máčení a var s výměnou vody / bez výměny mělo výraznější vliv na obsah RSO než samotné máčení. Hrách, který byl máčen a vařen s výměnou vody obsahoval $1,95 \pm 0,43$ g RSO na 100 g mouky a hrách, který byl máčen a vařen bez výměny vody obsahoval $1,97 \pm 0,23$ g RSO na 100 g mouky. Mezi těmito vzorky nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl ($P > 0,05$). Z pouze máčených vzorků hrachu bylo zjištěno nejnižší množství $3,02 \pm 0,1$ g RSO na 100 g mouky u vzorku, který byl máčen 7 hodin. Naopak největší množství $4,94 \pm 0,2$ g RSO na 100 g mouky bylo u vzorku 0, který nebyl máčen.

Nejvhodnějším způsobem pro redukci RSO v čočce a hrachu lze považovat kombinaci máčení s vařením. Samotné máčení nemělo na obsah RSO významný vliv. Z námi získaných výsledků vyplývá, že kombinace máčení a vaření s výměnou máčecí vody významně snižuje obsah RSO v čočce a hrachu a může tak přispívat k lepší stravitelnosti u osob, které mají při pozření luštěnin zažívací potíže.

Klíčová slova: oligosacharidy rafinózové řady; luštěniny; máčení; střevní mikrobiota

Influence of soaking on the content of oligosaccharides in legumes

Summary

Legumes have a positive effect on human health in terms of protein, fat, carbohydrate, fiber, minerals and B vitamins. They can also cause digestive problems (difficult digestibility, bloating) caused by indigestible oligosaccharides. These carbohydrates can be removed by soaking, cooking, germination or fermentation. The content of raffinose series oligosaccharides varies according to the type of plant. Raffinose is found in cabbage, sugar beets, beans and broccoli. Furthermore, stachyosis in green beans, soybeans, peas, peanuts and verbaskose in soybeans.

The aim of this diploma thesis was to verify the effect of soaking on the content of oligosaccharides and to determine the ideal soaking time for individual legumes. The Megazyme enzymatic assay (Raffinose / Sucrose / D-Glucose Assay Kit) was used to determine the content of raffinose line oligosaccharides in lentils and peas. The lentils and peas were soaked for 1-10 hours, 24 hours and then soaked and cooked according to the instructions with and without changing the soaking water.

From the results for the lens, it was found that there was a significant decrease in RSO in samples that were soaked and cooked with / without water change compared to only soaked samples. The soaked and boiled lens with water exchange contained 0.99 ± 0.14 g RSO per 100 g of flour and the soaked and boiled lens without water exchange contained 1.71 ± 0.12 g RSO per 100 g of flour. A statistically significant difference was found between these samples ($P < 0.01$). We can say that boiling with water exchange had a greater effect on the RSO content of the lens. Of the samples soaked only, the sample, which was soaked for 24 hours, had a lower RSO content of 2.27 ± 0.04 g RSO per 100 g of flour. No statistically significant difference was found between this sample and the soaking and boiling sample without water exchange ($P > 0.01$). In contrast, the largest amount of 3.18 ± 0.07 g RSO per 100 g flour was found in a sample that was soaked for 7 hours.

In the case of peas, it was found, as in the case of lentils, that soaking and boiling with / without water exchange had a more significant effect on the RSO content than soaking alone. Peas that were soaked and cooked with water exchange contained 1.95 ± 0.43 g RSO per 100 g of flour and peas that were soaked and cooked without water exchange contained 1.97 ± 0.23 g RSO per 100 g of flour. No statistically significant difference was found between these samples ($P > 0.05$). From the soaked pea samples only, the lowest amount of 3.02 ± 0.1 g RSO per 100 g of flour was found in the sample, which was soaked for 7 hours. In contrast, the largest amount of 4.94 ± 0.2 g RSO per 100 g of flour was in sample 0, which was not soaked.

The most suitable way to reduce RSO in lentils and peas can be considered a combination of dipping and cooking. Soaking alone did not have a significant effect on the RSO content. The results we obtained show that the combination of soaking and cooking with the replacement of soaking water significantly reduces the RSO content in lentils and peas and can thus

contribute to better digestibility in people who have digestive problems when ingesting legumes.

Keywords: raffinose series oligosaccharides; legumes; soaking; intestinal microbiota

Obsah

1 Úvod.....	9
2 Vědecká hypotéza a cíle práce	10
3 Literární rešerše	11
3.1 Význam luštěnin ve výživě člověka.....	11
3.2 Druhy luštěnin	12
3.2.1 Čočka jedlá	13
3.2.2 Hrách setý	14
3.2.3 Fazol obecný	15
3.2.4 Sója luštinatá.....	16
3.2.5 Cizrna beraní.....	17
3.2.6 Lupina	18
3.3 Antinutriční látky v luštěninách	19
3.3.1 Fytová kyselina	19
3.3.2 Saponiny	19
3.3.3 Trísloviny.....	20
3.3.4 Inhibitory proteáz.....	20
3.3.5 Antigenní bílkoviny	21
3.3.6 Lektiny	21
3.4 Úprava luštěnin	21
3.4.1 Namáčení	21
3.4.2 Tepelná úprava.....	22
3.4.3 Klíčení.....	22
3.4.4 Fermentace	23
3.5 Vláknina ve stravě.....	23
3.5.1 Prebiotika	24
3.5.2 Probiotika.....	25
3.6 Oligosacharidy.....	26
3.6.1 Oligosacharidy rafinózové řady (RSO)	26
3.6.2 Fruktooligosacharidy (FOS)	29
3.6.3 Galaktooligosacharidy (GOS).....	29
3.6.4 Xylooligosacharidy (XOS)	30
3.6.5 Isomaltooligosacharidy (IMO)	30
4 Metodika	31
4.1 Stanovení množství oligosacharidů rafinózové řady v čočce a hrachu	31
5 Výsledky	35
5.1 Stanovení množství oligosacharidů rafinózové řady v čočce a hrachu	35

5.1.1	Stanovení množství oligosacharidů rafinózové řady v čočce.....	35
5.1.2	Stanovení množství oligosacharidů rafinózové řady v hrachu.....	36
6	Diskuze.....	38
6.1	Stanovení oligosacharidů v luštěninách.....	38
6.2	Vliv máčení na množství oligosacharidů v čočce.....	40
6.3	Vliv máčení na množství oligosacharidů v hrachu.....	41
7	Závěr.....	45
8	Literatura.....	46
9	Seznam použitých zkratk a symbolů.....	53
10	Samostatné přílohy.....	I

1 Úvod

Luštěniny byly pěstované tisíce let před naším letopočtem. V dnešní době je pro střední Evropu z pěstitelského hlediska významný hrách, čočka, lupina, bob, sója a vikev.

Luštěniny jsou významné především pro svůj obsah bílkovin a také jsou zdrojem vlákniny, sacharidů, tuků, minerálních látek a vitamínů.

V teoretické části této diplomové práce je uveden význam luštěnin ve výživě člověka, charakteristika jednotlivých druhů luštěnin a jakými technologickými způsoby je lze upravit. Dále jsou zde shrnuty informace o antinutričních látkách, které mohou negativně působit na lidské zdraví např. těžká stravitelnost nebo flatulentní účinky. Díky těmto vlastnostem je spotřeba luštěnin v České republice velmi nízká a naopak vysoká konzumace je v rozvojových zemích např. v Burundi. Trávicí problémy jsou způsobeny nestravitelnými oligosacharidy, mezi které řadíme oligosacharidy rafinózové řady (rafinózu, stachyózu, verbaskózu). Tyto sacharidy lze odstranit máčením, varem, klíčením nebo fermentací. Nejúčinnějším technologickým postupem pro snížení obsahu oligosacharidů je klíčení. Podíl oligosacharidů rafinózové řady se liší mezi různými druhy rostlin. Nejvíce se vyskytuje rafinóza, stachyóza a méně verbaskóza. Rafinóza především v listech, stoncích, oddencích, kořenech a semenech. Dále tyto sacharidy patří mezi antinutriční látky, ale také mají funkci jako probiotika.

V České republice se nejvíce využívá čočka zelená až šedozelená a oblíbená je i červená čočka z důvodu lepší stravitelnosti. Ve Francii se můžeme setkat s čočkou puy která se nerozvaňuje, a naopak v Indii je známá oranžová čočka, která se rychle rozváří. V Německu je čočka součástí pokrmu „Eintopf“.

Praktická část se zabývá vlivem máčení na obsah oligosacharidů v čočce a hrachu.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Hypotéza: Oligosacharidy rafinózové řady jsou přirozenou součástí luštěnin. Mají vliv na trávení a jsou schopny ovlivnit složení střevní mikrobioty konzumenta. Někteří lidé i zvířata mohou mít po konzumaci luštěnin zažívací potíže, z tohoto důvodu je tradičně využíváno máčení před vlastním zpracováním luštěnin ke snížení obsahu oligosacharidů a k celkovému usnadnění přípravy.

Cílem této práce bude ověřit vliv máčení na obsah oligosacharidů a určit ideální dobu máčení pro jednotlivé luštěniny.

3 Literární rešerše

3.1 Význam luštěnin ve výživě člověka

Luštěniny byly významné už v dobách před naším letopočtem, kdy chránily populaci před hladomorem. V Řecku se pěstoval hrách 4000 př.n.l. a ve starověku se konzumoval bob, čočka i cizrna. V dnešní době se celosvětově uvádí největší produkce sóji, cizrny a fazolí. V Evropě je spotřeba luštěnin nižší než ve zbytku světa (Bulková 2011; Houba et al. 2014).

Pro zachování chuti, hladkého povrchu a struktury semene se luštěniny po sklizni musí co nejdříve usušit. V obchodních řetězcích můžeme najít konzervované nebo předvařené fazole, čočku a hrách. Z některých druhů se vyrábí mouka nebo olej. Luštěniny se také fermentují např. černé fazole v soli (Čína) nebo v dřevěném popelu (Afrika). Skladování by mělo být při 15 °C, sklady suché, dobře větratelné, čisté, bez hlodavců a plísní, sítě proti hmyzu v oknech a větracích otvorech (Strosserová a Dostálová 2009).

Luštěniny jsou těžko stravitelné a mají nadýmavé účinky. Tyto trávicí problémy způsobují nestravitelné oligosacharidy, které je možné zčásti odstranit dlouhým namáčením, slitím namáčecí vody a uvařením v nové vodě. Dochází až ze 40 % ke snížení obsahu nestravitelných oligosacharidů. Slitím vody ztratíme část vitaminů rozpustných ve vodě, minerálních látek a bílkovin (Dostálová 2007). Vhodnou alternativou je červená čočka, která je lépe stravitelná (Bulková 2011). Stravitelnost této čočky je dána odstraněním vnějších obalů (Strosserová a Dostálová 2009).

Luštěniny jsou významné především pro vysoký obsah bílkovin, které tvoří 20-25 % v sušině a sójové boby obsahují 40 % bílkovin v sušině. Tyto bílkoviny jsou neplnohodnotné z důvodu nedostatku aminokyselin obsahujících síru (Dostálová et al. 2016; Novotná et al. 2018). Kombinace luštěnin s obilovinami vytvoří zdroj bílkovin srovnatelný s živočišnými bílkoviny (Dostálová 2007).

Sacharidy se vyskytují z 50 %, kde hlavní podíl tvoří škroby. V luštěninách se vyskytují oligosacharidy, mezi které patří rafinóza, stachyóza a verbaskóza. Tyto sacharidy jsou nestravitelné, a proto procházejí do tlustého střeva nezměněny, kde jsou fermentovány mikrobiotou za vzniku mastných kyselin s krátkým řetězcem a plynů (vodík, oxid uhličitý, methan), které způsobují plynatost. Luštěniny jsou vhodné pro diabetiky, protože mají nízký glykemický index (Dostálová a Prugar 2008; Strosserová a Dostálová 2009).

Obsah tuku se pohybuje v rozmezí 1–2 %. Výjimku tvoří sója, která obsahuje až 23 %. Polynenasycené mastné kyseliny tvoří 60 % (Strosserová a Dostálová 2009). Mezi luštěniny s nízkým obsahem tuku patří čočka jedlá, fazol obecný, bob obecný, hrách setý, cizrna beraní, a naopak vysokým obsahem tuku se vyznačuje podzemnice olejná a sója luštinatá. Luštěniny obsahují rostlinné steroly, které jsou významné v prevenci kardiovaskulárních onemocnění (Dostálová et al. 2016).

Dále jsou zdrojem vitamínu B₁ (thiaminu), B₂ (riboflavinu), B₃ (niacinu), B₆ (pyridoxalu), B₉ (kyseliny listové), vitamínu C a E. Také obsahují významná množství vápníku, fosforu, sodíku, draslíku, mědi, železa, hořčíku, kobaltu, síry, fluoru a zinku (Strosserová a Dostálová 2009; Dostálová et al. 2016).

Dle doporučení bychom měli za týden zkonzumovat 0,5 kg luštěnin (Dostálová et al. 2016).

3.2 Druhy luštěnin

V České republice je konzumace luštěnin velice nízká. V roce 2014 byla 2,7 kg na osobu za rok a v roce 2015 dle Českého statistického úřadu se zvýšila na 3 kg na osobu za rok (Dostálová et al 2016; Novotná et al. 2018). Hlavním důvodem nízké konzumace jsou trávicí potíže a málo atraktivní chuť (Novotná et al. 2018). Mezi nejčastěji konzumované druhy luštěnin se řadí čočka, hrách, fazole, sója a cizrna (Bulková 2011; Houba et al 2014). Naopak menší využití u nás má bob zahradní, lupina bílá, lupina žlutá, hrachor setý, okřídlený bob a vikev setá (Bulková 2011).

Ve střední Evropě je situace podobná jako v České republice. Jižní Evropa je na tom o něco lépe, kde se uvádí spotřeba 6 kg na osobu za rok. Velmi vysoká konzumace je v rozvojových zemích např. v Burundi 52 kg na osobu za rok (Dostálová 2007).

Mezi hlavní omezení u luštěnin patří časová náročnost vaření, tvrdnutí semen, vlhnutí semen, odbarvování semen, změny chutě a vůně. Z výživového hlediska jsou omezujícími faktory přítomnost antinutričních látek (inhibitory proteas a trypsinu, lektiny, kyselina fytová, inhibitory amylas, kyanogenní glykosidy, goitrogenní látky, lathyrogeny, saponiny, isoflavony), snížená stravitelnost vlivem vazeb polyfenolových látek na bílkoviny a přítomnost flatulentních látek (rezistentní škrob, vláknina, nestravitelné oligosacharidy) (Dostálová a Prugar 2008).

V tabulce 1 je uveden obsah jednotlivých živin (% v sušině) a energie v luštěninách a v tabulce 2 obsah oligosacharidů rafinózové řady v semenech luštěnin (% v sušině) (Dostálová a Prugar 2008; Houba et al. 2009; Bulková 2011).

Tabulka 1: Obsah jednotlivých živin (% v sušině) a energie v luštěninách (Dostálová a Prugar 2008; Bulková 2011)

Luštěnina	Bílkoviny	Tuky	Sacharidy	Energie kcal/100 g
Čočka	24,7	1,0	61,2	346
Hrách	24,5	1,0	62,1	346
Fazol	21,5	1,3	62,7	345
Sója	36,5	19,9	30,2	416
Cizrna	19,5	5,7	61,7	368
Lupina	39,0	7,8	32,0	355

Tabulka 2: Obsah oligosacharidů rafinóзовé řady v semenech luštěnin (% v sušině) (Houba et al. 2009)

Luštěnina	Rafinóza	Stachyóza	Verbaskóza	Celkový obsah RSO
Čočka	0,1-0,8	1,1-4,0	0-6,4	1,2-11,2
Hrách	0,4-2,3	0,3-4,2	0-4,3	0,7-10,8
Fazol	0,2-2,5	0,2-3,9	0,1-1,8	0,5-8,2
Sója	0,2-1,8	0,02-4,8	0,1-1,8	0,32-8,4
Cizrna	0-0,3	0,4-2,0	stopa-0,4	0,4-2,7
Lupina	0,1-1,5	0,2-1,6	1,1-2,4	1,4-5,5

3.2.1 Čočka jedlá

Pěstování čočky je zaznamenáno už před více než 6 tisíci lety př.n.l. Důležitou složkou stravy je především v Indii, kde velkou část obyvatel tvoří vegetariáni. Nejvíce se pěstuje v Kanadě, Pakistánu a Etiopii (Houba 2018). Do rodu čočky se začleňují 4 druhy: *Lens nigricans*, *L. motschycena*, *L. lenticela* a *L. orientalis* (Houba 2019).

Čočky se od sebe odlišují velikostí (drobnozrná 2-5 mm, velkozrná přes 5 mm) nebo barvou semen (žlutá, oranžová, zelená, černá, hnědočervená) (Bulková 2011; Dostálová et al. 2016; Houba 2019). Nejčastěji se u nás využívá klasická zelená až šedozelená nebo hnědozelená čočka. Velmi oblíbená je červená čočka, která je lépe stravitelná a je vhodná na přípravu polévek, pomazánek a kaší. Stravitelnost této čočky je dána odstraněním vnějších obalů. Ve Francii se pěstuje puy čočka, která je velmi kvalitní a nerozvaňuje se. V Indii je oblíbená hnědá a oranžová čočka, která se rychle rozvaří a nemusí se namáčet. Žlutá čočka se používá s kari kořením (Strosserová a Dostálová 2009). Dostálová a Prugar (2008) dodávají, že naši předkové čočku kombinovali s ječnými kroupami a doplňovali zeleninou. Dále tito autoři uvádí tradiční německý pokrm „Eintopf“, ve kterém je čočka velkou součástí.

Čočka obsahuje ve významném množství z esenciálních aminokyselin leucin, izoleucin, lysin, fenylalanin, treonin a tryptofan. Z mastných kyselin je nejvíce zastoupena kyselina olejová, linolová, α -linolenová. Nerozpustnou vlákninu představuje celulóza, lignin, hemicelulóza a rozpustnou pektinové látky. Čočka je velmi dobrým zdrojem oligosacharidů rafinóзовé řady a minerálních látek např. hořčíku, draslíku, fosforu, vápníku, železa, selenu, také je bohatá na vitaminy ze skupiny B především niacin (Bulková 2011). Faris et al. (2013) dodávají thiamin, riboflavin, pyridoxin a kyselinu pantothenovou jako další biologicky aktivní látky obsažené v čočce. Čočka pěstovaná v Kanadě má přirozeně vysoký obsah železa, zinku a selenu v porovnání s luštěninami pěstovanými v jiných světových oblastech (Thavarajah et al. 2013).

Čočka je významný zdroj potravy pro obyvatele rozvojových zemí díky vysokému obsahu bílkovin. Také je zdrojem inhibitorů proteáz, kyseliny fytové, lektinů, saponinů a tríslovin. Hlavní složku semena tvoří škrob, dále jsou ze sacharidů obsaženy oligosacharidy rafinóзовé řady, sacharóza a fruktóza. Verbaskóza byla jedinečně identifikována v čočce a hrachu a cicerol v čočce a cizrně. Celkový obsah tuku je 1,4 g/100 g z toho nasycené mastné

kyseliny 16,7 %, monoenové mastné kyseliny 23,7 % a polyenové mastné kyseliny 58,8 % (Faris et al. 2013).

Mezi léčivé účinky čočky patří prevence anémie, osteoporózy, snižování hladiny cholesterolu v krvi a rizika rakoviny tlustého střeva (Hefnawy 2011; Faris et al. 2013). Na obrázku 1 jsou zobrazena semena čočky.



Obrázek 1: Semena čočky (foto: Markéta Jeníčková)

3.2.2 Hrách setý

Hrách se pěstoval již v 5. století př.n.l. především v Řecku a Egyptě. V Evropě je nejrozšířenější a nejpěstovanější luskovinou (Strosserová a Dostálová 2009; Houba et al. 2014). Mezi hlavní světové producenty patří Kanada, Rusko, Čína, USA a Indie. Žlutý hrášek z Kanady obsahuje větší množství železa, hořčíku, manganu a nižší množství draslíku ve srovnání se zeleným hráškem (Dahl et al. 2012).

Na trhu se vyskytuje hrách zelenosemenný (obrázek 2), žlutosemenný a oranžový s vyšším obsahem karotenoidů. V obchodních řetězcích je hrách dostupný loupaný, neloupaný, celý nebo pūlený. Zajímavou skupinou jsou odrůdy tzv. „kapucínové“ řady, kterým se také říká „čočkohruchy“. Hrách kapucín se využívá jako čočka a je dostupný v loupané i neloupané formě. Obsahuje velké množství bílkovin a lysinu. Nezralá semena se konzumují za syrova nebo se mohou konzervovat mražením či sterilací ve sláném nálevu. Suchá semena se pojídají ve formě pokrmů nebo je lze zpracovat do sáčkových polévek, pomazánek, kaší (Dostálová a Prugar 2008).

Saponiny způsobují nahořklou chuť, hlavním saponinem je sojasaponin. U sladkých odrůd se množství pohybuje od 0,1 – 0,2 % (Dostálová a Prugar 2008).

Obsah bílkovin v sušině se pohybuje kolem 22–25 % nejvíce je zastoupen lysin, leucin, fenylalanin, legumin a vicelin. Lipidy jsou zastoupeny v sušině z 1 %, mezi které patří monoenové, polyenové mastné kyseliny, nasycené mastné kyseliny a fosfolipidy. Hrách obsahuje v sušině rozpustnou i nerozpustnou vlákninu 6–7 %, rafinózu 0,4 – 2,3 %, stachyózu 0,3 – 4,2 %, verbaskózu 0 – 4,3 %, sacharózu 0,9 – 5,4 % a škrob.

Dále jsou zastoupeny minerální látky hořčík a draslík a vitaminy tokoferol, niacin, kyselina pantotenová a vitamin C (Dostálová a Hosnedl 2009; Bulková 2011).



Obrázek 2: Semena hrachu (foto: Markéta Jeníčková)

3.2.3 Fazol obecný

Fazol byl v 16. století dovezen do Evropy z Mexika a ze Střední Ameriky. Existuje více než 200 druhů, z nichž většina pochází z Ameriky a Asie. Ke konzumaci jsou využívány nedozrálé lusky nebo zralá semena. Semena (obrázek 3) se vyskytují v různých barvách (bílé, skvrnitě, černé, červené) a velikostech (Bulková 2011; Dostálová et al. 2016).

Obsahují v sušině 50-57 % sacharidů, 26-29 % bílkovin, 0,7-1,5 % tuku a 3,5-4 % popelovin (Dostálová et al. 2016). Z esenciálních aminokyselin je přítomen leucin, lysin a fenylalanin. Dále obsahují mononenasycené a polynenasycené mastné kyseliny (linolová a linolenová). Oligosacharidy se vyskytují v sušině v množství: rafinóza 0,3 – 1,1 %, stachyóza 3,5 – 5,6 % a verbaskóza 0,1 – 0,3 %. Nerozpustnou vlákninu představuje celulóza a lignin, rozpustnou pektinové látky. Fazole mají vysoký obsah antinutričních látek, kterými jsou inhibitory proteáz, inhibitory amyláz, lektiny, polyfenoly, fytáty, glykosidy, saponiny, alkaloidy a nestravitelné oligosacharidy. Toxicita lektinů ve fazolích může způsobit průjemy, závratě, zvracení, nadýmání a snížený růst (Hotzký 2018). Nezpracované nebo neošetřené fazolové proteiny jsou velmi odolné vůči proteolýze v trávicím traktu což má za následek sníženou stravitelnost. Stravitelnost bílkovin je také snížena skladováním fazolí při vysoké relativní vlhkosti (Hayat et al. 2013). Mezi největší zastoupení minerálních látek patří draslík, hořčík, vápník, z vitaminů tokoferol a vitaminy skupiny B (Bulková 2011). Hayat et al. 2013 dodávají železo, zinek, měď a fosfor.

Fazole působí preventivně proti kardiovaskulárním onemocněním, snižují hladinu cholesterolu, riziko rakoviny tlustého střeva, prsu a prostaty, dále snižují výskyt obezity a diabetu (Cardador-Martínez et al. 2002; Arcimovičová 2013).



Obrázek 3: Semena fazole (foto: Markéta Jeníčková)

3.2.4 Sója luštinatá

Sója pochází z jihovýchodní Asie. Do Ameriky a Evropy se dostala až v 18. století (Bulková 2011; Dostálová 2017). Nejpěstovanější je v USA, Argentině, Brazílii, Číně, Indii a Kanadě (Dostálová 2017). Má velké využití v lidské výživě, chemickém, farmaceutickém nebo kosmetickém průmyslu a také při krmení zvířat (Honsová 2018).

Semena (obrázek 4) se vyskytují v různých barvách (šedě žlutá, nazelenalá, černá, hnědá). Sójové boby jsou zdrojem kvalitních rostlinných bílkovin (33–42 % v sušině) a jejich obsah závisí na odrůdě, lokalitě pěstování a povětrnostních podmínkách. Z esenciálních aminokyselin je ve významném množství přítomen cystein, isoleucin, leucin, lysin, metionin, treonin, tryptofan, valin, fenylalanin. Sója obsahuje významně vyšší množství lipidů (20–30 % v sušině) v porovnání s ostatními luštěninami. Sacharidy jsou zastoupeny ze 30 % v sušině. Oligosacharidy se vyskytují v sušině v množství rafinóza 0,2 – 1,8 %, stachyóza 0,02 – 4,8 % a verbaskóza 0,1 – 1,8 %. Největší zastoupení minerálních látek tvoří hořčík, sodík, vápník, draslík a železo. Z vitaminů se v sóji nejvíce vyskytují tokoferol, thiamin, riboflavin, niacin, kyselina listová, pantothenová a pyridoxin (Lokuruka 2010; Bulková 2011; Dostálová 2017). Další významné složky sóji jsou fytoestrogeny, které snižují koncentraci lipidů a lipoproteinů v plazmě. Při konzumaci sóji hladina LDL cholesterolu klesá a HDL cholesterolu se zvyšuje, tím dochází ke zvýšení pružnosti a průchodnosti cév a snížení výskytu kardiovaskulárních onemocnění (Cornwell et al. 2004). Fytoestrogeny mají také antinutriční účinky. Mohou vyvolávat karcinogenní aktivitu nádorů prsu a děložního čípku (Dostálová 2017). Sójové boby také obsahují trypsinové inhibitory (snižují využitelnost bílkovin), lektiny (zpomalují růst), goitrogenní látky (narušují funkci štítné žlázy), kyselinu fytovou (snižuje využitelnost minerálních látek), saponiny (narušují sliznici střev) a antivitaminy (ruší účinky vitaminů) (Dostálová a Prugar 2008).

Sója snižuje riziko kardiovaskulárních onemocnění, má protizánětlivé a antikarcinogenní účinky na trávicí trakt (Mateos-Aparicio et al. 2008).

Na trhu najdeme výrobky ze sóji, mezi které patří sójový olej, sójové mouky, krupice, sójové nápoje, tofu, sojanéza a tempeh (Dostálová a Prugar 2008).



Obrázek 4: Semena sóji (foto: Markéta Jeníčková)

3.2.5 Cizrna beraní

Cizrna pochází z jihovýchodního Turecka. Dále je rozšířena v Etiopii, Číně, Španělsku, kolem Středozemního moře a Indii, kde je národním jídlem a je produkováno až 70 % z celkové světové sklizně. Patří mezi třetí nejpěstovanější luskovinu na světě. Existuje přes 40 druhů. Semena cizrny beraní (obrázek 5) se vyskytují v černé až hnědočervené barvě nebo ve žluté až oranžové. Na trhu se prodává v sušené nebo konzervované formě. (Bulková 2011; Jukanti et al. 2012; Houba 2018). Oblíbenými pokrmy z cizrny jsou hummus a falafel (smažené cizrnové kuličky). Také se může přidávat do polévek, zeleninových salátů, k masu nebo během pečení lze využít cizrnovou mouku (Ware 2019).

Ze sacharidů se nejvíce vyskytuje škrob (47 % v sušině) dále rozpustná i nerozpustná vláknina (5-19 % v sušině) a bílkoviny (15-30 % v sušině). Z aminokyselin je ve významném množství obsažen lysin a v nízkých hodnotách sirné aminokyseliny methionin a cystein. Lipidy jsou obsaženy v sušině z 6-7 % a velké množství tvoří mastná kyselina linolová. Z minerálních látek jsou nejvíce zastoupeny vápník, železo, mangan, zinek a hořčík. Z vitaminů se nejvíce vyskytuje vitamin E (Dostálová et al. 2016; Chábová 2017).

Semena cizrny obsahují velké množství bílkovin. Luštění v kombinaci s obilovinami tvoří zdroj plnohodnotných bílkovin. Takový zdroj obsahuje všechny nepostradatelné aminokyseliny pro výživu člověka. Obiloviny obsahují nízké množství lysinu a luštění methioninu, a proto je vhodná jejich kombinace (Dostálová a Prugar 2008).

Cizrna se doporučuje do diet pro těhotné nebo kojící ženy, protože nemá tak nadýmavé účinky jako ostatní luštěniny (Dostálová a Prugar 2008). Jukanti et al. (2012) doplňují, že cizrna snižuje riziko výskytu kardiovaskulárních onemocnění a hladinu cholesterolu.



Obrázek 5: Semena cizrny (foto: Markéta Jeníčková)

3.2.6 Lupina

Lupina (obrázek 6) neboli vlčí bob pochází ze Středomoří. Nejznámějšími druhy jsou lupina žlutá, bílá a úzkolistá. Lupina obsahuje v sušině 25-32 % sacharidů, 7-12 % vlákniny, 32-39 % bílkovin, 7,8 % lipidů a 3-5 % minerálních látek (Bulková 2011). Lupina žlutá i bílá mohou mít hořké a sladké odrůdy. Hořké odrůdy jsou vhodné na hnojení a nevhodné na krmné účely, protože obsahují vysoký obsah alkaloidů. Mohou způsobit otravu, tzv. lupinózu (Tóth 2018). Využívají se suchá semena nebo jako pícnina. Pro zvýšení nutriční a senzorické hodnoty pečiva lze přidat mouku z lupiny k mouce obilovin (Dostálová et al. 2016).

Strava s vysokým obsahem lupinových bílkovin snižuje hladinu cholesterolu, krevní tlak a riziko kardiovaskulárních onemocnění (Prusinski 2017).



Obrázek 6: Semena lupiny (<https://cit.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/czech/lupina.htm>)

3.3 Antinutriční látky v luštěninách

3.3.1 Fytová kyselina

Tato kyselina je hlavním zdrojem fosforu, který tvoří 50-80 % z celkového obsahu fosforu v semenech rostlin (Dostálová a Hosnedl 2009). Vyskytuje se v luštěninách, obilovinách a olejninách v podobě vápenatohorečnatých solí nazývaných fytin. Tvoří nerozpustné a pro organismus nevyužitelné soli (Velíšek a Hajšlová 2009; Dostálová et al. 2016). Fytáty soli kyseliny fytové jsou součástí buněčných stěn rostlin a váží kationty kovů, hořčík, vápník, železo, měď a zinek (Thavarajah et al. 2013; Babička 2017).

Tyto soli se kumulují především během zrání zrna a mohou způsobit anémii, špatný růst, nedostatečnou funkci autoimunitního systému a další zdravotní potíže především u vegetariánů a veganů. Dalšími ohroženými skupinami jsou těhotné ženy, kojenci a malé děti (Polišenská et al. 2008).

Obsah kyseliny fytové je u ječmene, pšenice, rýže a kukuřice 0,5 – 1,9 %, u luskovin a olejnin 0,4 – 5,2 % (Reddy et al. 1982; Polišenská et al. 2008). Fytáty se považují za hlavní příčinu minerální podvýživy u lidí. Blokuje trávicí enzymy, a tím dochází k nežádoucímu ovlivnění využitelnosti živin a nutričně významných látek (Polišenská et al. 2008). Z části je lze odstranit namáčením, povařením, naklíčením nebo fermentací (Hotzký 2018). Dle Babičky (2017) se vyskytují především v zelených fazolových luscích, brokolici, bramborách, artyčocích, borůvkách, jahodách a fíkách.

3.3.2 Saponiny

Saponiny jsou heteroglykosidické sloučeniny. Jejich výskyt se projevuje silným pěněním při třepání ve vodě. Vykytují se především v hrachu, lupině, sóje, vojtěšce a slunečnici. Mají hořkou až svíravou chuť. Způsobují hemolýzu červených krvinek a následně dochází k uvolňování hemoglobinu do krevního řečiště. Dále mají schopnost reagovat se žlučovými kyselinami a s cholesterolem v buněčných stěnách. Zvyšují propustnost membrán a tím mohou poškodit buňky mukózy tenkého střeva (Dostálová a Hosnedl 2009; Dostálová et al. 2016; Babička 2017). Saponiny mohou způsobit záněty, autoimunitní reakce, rozvoj metabolického syndromu a srdeční problémy. Jejich obsah se sníží vylitím vody, ve které se luštěniny máčely a sbíráním pěny při vaření (Hotzký 2018). Pro některé živočichy jsou toxické, především pro ryby, hmyz, plže (Dostálová et al. 2016; Babička 2017). Obsah saponinů v semenech luskovin je od 0,1 g/kg do 6,5 g/kg sušiny (Dostálová a Hosnedl 2009).

Studie na potkanech prokázaly, že sójový saponin působí anabolicky na kosti a tím může sloužit jako prevence osteoporózy (Isanga a Zhang 2008).

3.3.3 Trísloviny

Trísloviny neboli taniny jsou fenolické látky, které mají svíravou nahořklou chuť a snižují chutnost luštěnin. Vyskytují se v sóje do 0,45 g/kg, ve fazolích do 20 g/kg v sušině a v olejninových extrahovaných šrotech. Jejich nadměrné množství ve stravě může způsobit sníženou absorpci minerálních látek a vést k poškození intestinální mukosy. Také zhoršují vstřebávání bílkovin, které se nejvíce projevuje u esenciálních aminokyselin methioninu a lysinu. (Velíšek a Hajšlová 2009; Dostálová et al. 2016).

Trísloviny ovlivňují chuťové vlastnosti potravin, které jsou žádoucí u kávy, kakaa nebo čaje a nežádoucí u nezralého ovoce. Lze je rozdělit na dvě skupiny-první skupinou jsou hydrolyzované trísloviny, které se dále dělí na gallotaniny (při hydrolyze vzniká kyselina gallová) a ellagotaniny (při hydrolyze vzniká kyselina ellagová nebo gallová), druhou skupinou jsou kondenzované trísloviny, které vznikají kondenzací monomerních flavanolů (Babička 2017). Kondenzované trísloviny jsou rozšířenější a odolnější vůči mikrobiálnímu rozkladu než hydrolyzované. Severoamerická strava je chudá na zrna, luštěniny a ovoce proto obsahuje mnohem méně taninu než asijská. V Indii se spotřeba pohybuje od 1,5 do 2,5 g/den a v USA 1 g/den (Kumari a Jain 2012).

Vykytují se v luštěninách, ovoci, kávových a kakaových bobech, v listech yzopu, šalvěže, tymiánu, ve vlašských ořeších, čaji (nejvíce v zeleném), stromové kůře, dřevu a kořenech. Mezi příznivé schopnosti taninů patří detoxikační účinky, působí proti virům, bakteriím a střevním parazitům, podporují tvorbu žaludečních šťáv, brzdí vývoj zánětu v žaludku a střevech, působí proti průjmům a krvácení (Kumari a Jain 2012). Mezi negativní projevy patří snížení využitelnosti vitamínu B₁ a železa v organismu, retardace růstu a poškození jaterních buněk (Babička 2017).

Velayutham et al. (2012) se zabývali ochranným účinkem taninů u hypercholesterolémie a diabetu způsobené poškozením cévní tkáně u potkanů. Podávání taninů snížilo zvýšenou hladinu glukózy v krvi, celkový cholesterol, triglyceridy, LDL cholesterol a došlo k obnově inzulinu, HDL cholesterolu a antioxidačních enzymů a tím se obnovil antioxidační stav orgánů na normální úroveň.

3.3.4 Inhibitory proteáz

Inhibitory proteáz jsou polypeptidy nebo proteiny schopné inhibovat trávicí enzymy proteázy. Rozeznáváme inhibitory serinových proteáz-trypsinu, chymotrypsinu, plasminu, elastazy a inhibitory sulfhydrylových proteáz – thrombinu, pepsinu. Dále jsou to inhibitory kyselých proteáz – kathepsinu D a inhibitory metaloproteáz – karboxypeptidázy slinivky. Mezi nejvýznamnější patří inhibitory Kunitzova typu a Bowmanova – Birkova typu (Velíšek a Hajšlová 2009). Inhibitory Bowmanova – Birkova typu mají antikarcinogenní vlastnosti a byly izolovány z hrachu, čočky a cizrny (Thavarajah et al. 2013).

Vyskytují se v semenech luštěnin, obilovinách, bramborech a rajčatech. Při zkrmování hospodářských zvířat syrovými luštěninami může dojít ke zpomalení růstu a k hypertrofii pankreatu (Velíšek a Hajšlová 2009).

Inaktivace závisí na teplotě, době zahřívání, obsahu vody a velikosti částic materiálu. U sójových bobů se jako inaktivace inhibitorů proteáz užívá proces toastování tzv. působení vodní páry. Velmi účinné je i vaření ve vodě, pražení za sucha a mikrovlnný ohřev. Abychom eliminovali nežádoucí efekty je nutné inaktivovat 50-60 % těchto inhibitorů (Velíšek a Hajšlová 2009).

3.3.5 Antigenní bílkoviny

Antigenní neboli alergenní bílkoviny jsou látky vyvolávající potravní alergii či intoleranci. Alergeny, které vyvolávají tvorbu imunoglobulinů E jsou hlavně bílkoviny sóji, lupiny, arašídů a pohanky. Tyto bílkoviny jsou termostabilní (Polišenská et al. 2008). Výskyt antigenních bílkovin v krmivu může u citlivých jedinců poškodit střevní mukózu, a tím se zhorší trávicí a absorpční funkce střeva (Dostálová et al. 2016).

3.3.6 Lektiny

Lektiny jsou toxické a bílkovinné látky, které se váží na specifické monosacharidy a oligosacharidy. Vyskytují se převážně v semenech a mezi nejrizikovější patří fazole, o něco méně obilky a klíčky pšenice, ječmene a žita (Polišenská et al. 2008; Dostálová et al. 2016). Vasconcelos a Oliviera (2004) doplňují výskyt v rajčatech, bramborách, mrkvi, třešních, ostružinách, rýži, kukuřici, arašidech, česneku, houbách, avokádu, červené řepě a pórku. Velmi toxický je ricin což je lektin semen skočce obecného.

Lektiny jsou odolnější vůči tepelným úpravám v porovnání s inhibitory proteáz. Fazole se musí delší dobu máčet a poté vařit 10 minut. Velmi účinné je i klíčení semen luštěnin 4-6 dnů. Tyto toxické látky mohou vyvolat zažívací potíže a poškodit střevní epitel. Může dojít k hypertrofii střeva a slinivky (Lajolo a Genovese 2002; Polišenská et al. 2008; Dostálová et al. 2016). Dle studie Isanga a Zhang (2008) jsou lektiny odolné vůči gastrointestinálnímu trávení a mohou mít inhibiční účinek na nádory.

3.4 Úprava luštěnin

3.4.1 Namáčení

Dlouhým namáčením se zčásti odstraní nestrávitelné oligosacharidy až o 40 %. Slitím vody dochází k eliminaci bílkovin, minerálních látek a vitamínů rozpustných ve vodě (Dostálová a Prugar 2008). Většina antinutričních faktorů jsou tepelně labilní například inhibitory proteáz a lektiny. Naopak trísloviny, saponiny a kyselina fytová jsou tepelně stabilní a jejich obsah může být snížen namočením, klíčením nebo kvašením (Muzquiz et al. 2012).

Během namáčení luštěnin zvětší svůj objem až o 100 % a zkrátí se čas varu. Doba máčení závisí na odrůdě, druhu luštěnin a době skladování. Ve starých kuchařských knihách se uvádí přidavek jedlé sody do luštěnin během vaření, aby byly dříve měkké. Tímto způsobem dochází ke ztrátě vitamínu B₁, a proto se doporučuje luštěninu raději déle namáčet (Dostálová 2008). Fernandes et al. (2010) uvádějí, že k největšímu snížení fytátů,

kyseliny fytové a fenolových sloučenin dochází při namáčení a vaření po odstranění namáčecí vody. Bylo zjištěno, že vysoká konzumace fytátů z fazolí nemá negativní účinky na trávení vápníku a hořčíku u krys. Naopak namáčením a vařením se zvýšilo metabolické využití vápníku a hořčíku. Namáčením se také snižuje obsah oligosacharidů zejména, když je použit roztok hydrogenuhličitanu sodného neboli jedlé sody (Fernandes et al. 2010).

3.4.2 Tepelná úprava

Tepelná úprava zlepšuje využitelnost sirných aminokyselin, odstraňuje toxické a antinutriční látky, mezi které patří lektiny, inhibitory proteáz, antivitaminy, goitrogenní látky a kyanogenní glykosidy. Konzumace luštěnin za syrova není vhodná i proto, že využitelnost bílkovin v tomto stavu je nízká (Tharanathan a Mahadevamma 2003; Dostálová 2008).

Vysoké teploty během skladování v zemích jako je Austrálie, kde letní teploty dosahují až 40 °C, mohou mít vliv na zhoršující kvalitu semen luštěnin. Hlavní formou poškození je zvýšená tvrdost kotyledonů, ztráta vařitelnosti, zhoršení barvy, textury a ztráta nutriční hodnoty. Tvrdost kotyledonů je označována jako „hard to cook“ jev a je charakterizován prodlouženou dobou vaření (Nasar-Abbas et al. 2008).

Ve studii Yasmin et al. (2008) je uvedeno, že při namáčení v roztoku kyseliny citronové nebo hydrogenuhličitanu sodném a následném vaření dochází k úplné eliminaci taninů.

3.4.3 Klíčení

Při klíčení se zvyšuje nutriční kvalita, obsah biologicky aktivních látek a snižuje se podíl antinutričních složek. Zlepšuje se chutnost a stravitelnost (López-Martínez 2017). Klíčení patří mezi nejúčinnější technologické postupy pro snížení obsahu α -galaktosidů. Dochází k nárůstu aktivity α -galaktosidázy a tím se snižuje obsah α -galaktosidů a zvyšuje se obsah sacharózy. Uvolněná galaktosa se rychle spotřebuje při metabolických pochodech v rostlině. Klíčení může snížit obsah α -galaktosidů na 20 % prvotní hodnoty (Dostálová a Prugar 2008).

V České republice jsou na trhu především naklíčená semena luštěniny Vigny zlaté známé pod jménem fazole mungo. Méně běžná jsou semena čočky a cizrny. Při klíčení dochází k nárůstu obsahu vitaminů B-komplexu, ale také ke zvýšení počtu mikroorganismů (Dostálová a Prugar 2008).

Kadlec et al. (2006) a Dostálová et al. (2007) studovali prodloužení skladovatelnosti naklíčených luštěnin ošetřených vysokým tlakem. Při tomto ošetření 500 MPa po dobu 10 minut došlo ke snížení celkového počtu mikroorganismů u klíčeného hrachu, čočky a cizrny beraní. Během skladování (4-8 °C) po dobu 21 dnů a tlakem ošetřených naklíčených semen se počet mikroorganismů zvýšil jen u hrachu, u cizrny beraní a čočky byla hodnota pod mezí detekce použité metody. Klíčení zapříčinilo pokles obsahu oligosacharidů u hrachu, který klíčil 3 dny na 91 %, u cizrny, která klíčila dva dny na 31 % a u čočky, která klíčila tři dny na 45 % hodnoty před tlakováním.

3.4.4 Fermentace

Rostlinná strava je fermentována proto, aby se zlepšila chuť, stravitelnost a k redukci antinutričních látek. Fermentované potraviny jsou nepostradatelnou součástí lidské stravy po celém světě, zejména v jihovýchodní Asii, na Blízkém východě a v částech Afriky. V lidské výživě je fermentace využívána k částečné nebo úplné eliminaci antinutričních látek a faktorů vyvolávajících nadýmání (RSO). Redukce antinutričních látek má pozitivní účinky na stravitelnost bílkovin, vůni a zlepšení biologické hodnoty luštěnin (Shimelis a Rakshit 2008).

Kvašení se podílí na konzervaci potravin v důsledku uvolňování metabolitů, které zabraňují růstu patogenních bakterií v potravinách. *Bacillus* spp. je nejvíce dominantní přirozeně fermentující činidlo v sóji. Tyto bakterie redukují nestravitelné oligosacharidy a polysacharidy (Shrestha et al. 2010).

3.5 Vlákna ve stravě

Vlákna je součástí stravy, která se v tenkém střevě nemůže enzymaticky štěpit ani vstřebávat a je plně nebo zčásti fermentována v tlustém střevě. Dělí se na rozpustnou a nerozpustnou. Mezi druhy vlákniny patří celulóza, hemicelulóza, pentosany, β – glukany, rezistentní škrob, lignin, pektiny, oligosacharidy a chitin. V obilovinách se vyskytují především hemicelulózy, v zelenině a ovoci převládá celulóza a pektin. Obsah ligninu se zvyšuje ve zralých semenech a obilných zrnech (Stránský a Ryšavá 2014; Tláskal et al. 2016). Přítomnost chitinu je především v houbách, tělech korýšů a hmyzu (Švejtil a Musilová 2018).

Nerozpustná vlákna zvyšuje sekreci slin, zvyšuje viskozitu přijaté potravy, zpomaluje příjem potravy, zpomaluje vyprazdňování žaludku, prodlužuje pocit sytosti, bobtná a váže tekutinu, snižuje resorpci látek z potravy, snižuje vzestup hladiny cukru v krvi, zvyšuje peristaltiku střev, zvyšuje objem a váhu stolice, ve střevě působí jako prebiotikum. Její vysoký obsah se vyskytuje v celozrnných obilovinách, luštěninách, zelenině a bramborách (Stránský a Ryšavá 2014). Typem této vlákniny je celulóza a lignin (Švejtil a Musilová 2018).

Rozpustná vlákna udržuje hladinu glukózy v krvi, snižuje hladinu cholesterolu a riziko kardiovaskulárních chorob. Vyskytuje se v ovoci (jablka, citrusové plody, angrešt, jahody, borůvky, rybíz), ovesné vločky a ovesné otruby (Stránský a Ryšavá 2014; Huizen 2017). Rozpustná vlákna je zdroj energie pro střevní bakterie a podporuje jejich růst. Střevní bakterie produkují těkavé mastné kyseliny během využívání energie z vlákniny. Tyto mastné kyseliny jsou významné pro výživu buněk střevního epitelu a také zabraňují v růstu patogenním bakteriím (Švejtil a Musilová 2018). Dále tyto autoři uvádějí typy rozpustné vlákniny, mezi které patří pektiny (ovoce, zelenina), fruktany (čekanka, cibule, topinambury) a také oligosacharidy rafinózové řady: rafinóza, stachyóza, verbaskóza (luštěniny).

Vlákna má protektivní funkce u řady civilizačních chorob především u nadváhy a obezity, diabetu II. typu, hypertenze, rakoviny tlustého střeva, dyslipidemií, zubního kazu, kardiovaskulárního onemocnění, zácpy, tvorby žlučových kamenů a divertikulózy. Denní příjem by měl být alespoň 30 g (Stránský a Ryšavá 2014).

Švejtil a Musilová (2018) uvádějí, že vláknina může snižovat glykemický index potravin, a tím se stabilizuje hladina glukózy v krvi. Dle těchto autorů vláknina slouží jako nízkonoenergetické plnidlo, proto spotřebitel nepřijímá tolik energie z potravy bohaté na vlákninu jako během konzumace potravin s nízkým obsahem vlákniny při srovnání pocitu nasycení.

V rozvojových zemích je příjem vlákniny 80-100 g/den, u nás je to méně než 25 g. Vyšší příjem mají vegetariáni. Vláknina může mít i negativní dopad při vysokém příjmu, kdy snižuje vstřebávání minerálních látek a vitaminů. (Tláškal et al. 2016). V České republice je nedostatečný příjem vlákniny připisován konzumaci potravin, které jsou nekvalitní. Mezi tyto potraviny patří bílé pečivo, vysoký příjem živočišných produktů nebo stravování ve fast foodech. Příjem vlákniny by se mohl zvýšit omezenou konzumací masa, zařazením potravin obsahující bílkoviny a vlákninu. Takovými potravinami jsou luštěniny, které obsahují rozpustnou (oligosacharidy rafinóзовé řady) i nerozpustnou vlákninu (rezistentní škrob). Pro zvýšení příjmu vlákniny by měla česká populace do svého jídelníčku zařadit více ovoce a zeleniny ke každému dennímu chodu např. snídaně: jogurt, ovesné vločky, ovoce; svačina: ovoce, mléčný výrobek nebo zelenina ke stávající svačině; oběd a večeře: menší porce brambor a doplnit zeleninovým nebo ovocným salátem. Dále můžeme konzumovat celozrnné těstoviny, rýži nebo pečivo. Tyto výrobky mají vyšší obsah vlákniny, protože obsahují rozemletá zrna. Celozrnné těstoviny obsahují 12 g vlákniny v porci (200 g) a normální těstoviny pouze 2 g, celozrnný rohlík (2 ks 84 g) 8,4 g vlákniny a rohlík bílý pšeničný (2 ks 84 g) 3,7 g. Vyšší cena celozrnných výrobků často odráží obyvatelé České republiky (Švejtil a Musilová 2018).

3.5.1 Prebiotika

Prebiotika jsou nestravitelné složky stravy (potravní vláknina), které podporují růst a aktivitu probiotik. Mezi prebiotika patří galaktooligosacharidy, fruktooligosacharidy, laktulóza, inulin a oligofruktóza (Rada 2010). Kodeš a Kvaček (2012) doplňují o transgalaktosylované oligosacharidy, sójové oligosacharidy (oligosacharidy rafinóзовé řady), isomaltooligosacharidy a mannooligosacharidy. Dle těchto autorů do prebiotik se také zařazují cukrené alkoholy maltitol, xylitol, laktitol, palatinol a sorbitol. Mezi autory neexistuje jednotná shoda, každý považuje za prebiotika různé typy látek.

Prebiotika procházejí horní částí gastrointestinálního traktu v nezměněné formě, příznivě ovlivňují složení mikrobioty tlustého střeva a mají pozitivní vliv na zdraví jedince. V tlustém střevu vznikají mastné kyseliny s krátkým řetězcem díky činnosti anaerobních bakterií a substrátem jsou nestravitelné sacharidy a aminokyseliny. Tyto kyseliny vyživují střevní výstelku, a to je důležité pro pacienty s enterální a parenterální výživou (Kvasničková 2000).

Mezi funkce prebiotik patří prevence rakoviny tlustého střeva, vyvazování toxinů, snižování hladiny cholesterolu a triglyceridů, posilování imunity a lepší vstřebávání živin především Ca^{2+} a Mg^{2+} (Kodeš a Kvaček 2012). Švejtil a Rada (2015) doplňují funkce prebiotik o snížení výskytu infekčních průjmů, redukci zánětů, snížení rizika kardiovaskulárních chorob a podporu při redukci hmotnosti.

Velkým zdrojem prebiotik jsou luštěniny, které obsahují oligosacharidy rafinózové řady. Do této řady patří rafinóza, stachyóza a verbaskóza. Prebiotika jsou součástí doplňků stravy, přidávají se do potravin, kojeneckých výživ a významným zdrojem je mateřské mléko. Oligosacharidy mateřského mléka příznivě ovlivňují rozvoj nervové soustavy a vstřebávání vápníku (Rada 2010; Vlková et al. 2018).

3.5.2 Probiotika

Probiotika jsou živé mikroorganismy, které při podávání v dostatečném množství poskytují zdravotní přínos pro hostitele (Shukla et al. 2019). Tyto mikroorganismy nesmí být toxické ani patogenní, musí být životaschopné. Odolávají nepříznivým podmínkám v trávicím traktu, které jsou způsobeny proteolytickými enzymy slinivky břišní, lysozymem v tenkém střevě, kyselinou chlorovodíkovou v žaludku a žlučovými kyselinami. Probiotické bakterie mají mnoho pozitivních vlivů, mezi které patří redukce hnilobných bakterií v lidském střevě, obnova přirozené střevní mikrobioty, schopnost štěpit mléčný cukr, regulace hladiny cholesterolu, vstřebávání minerálů (především vápník) a produkce některých vitaminů skupiny B a vitaminu K. Dalšími účinky je zmírnění zácpy, prevence zánětlivých střevních onemocnění, průjmů a kolorektálního karcinomu, imunostimulační účinky a tlumení alergií (Kohout 2009). Existují studie, které žádné pozitivní účinky nezjistily. Ve studii Abrahamsson et al. (2013) se zabývali respiračními problémy způsobené alergií u dětí. Očekávalo se, že při podání probiotik bude menší výskyt tohoto onemocnění, ale nedošlo k žádným změnám. V další studii Brouwer et al. (2006) sledovali vliv probiotik na atopickou dermatitidu u dětí. Opět nebyl prokázán účinek.

Nejpoužívanějšími probiotickými kulturami jsou bakterie rodů *Lactobacillus* a *Bifidobacterium*, konkrétně *Lactobacillus acidophilus*, *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *L. casei*, *L. reuteri*, *L. plantarum*, *L. fermentum*, *Bifidobacterium infantis*, *B. adolescentis*, *B. animalis*, *B. breve* a *B. longum*. Tyto bakterie jsou přirozené pro trávicí trakt (Liong 2007). Mezi další probiotické mikroorganismy se řadí některé bakterie rodu *Bacillus*, *Clostridium butyricum*, *Propionibacterium* (*P. freudenreichii*, *P. acidopropionici*, *P. jensenii*, *P. thoenii*), *Enterococcus*, *Streptococcus*, *Escherichia* (*Escherichia coli* Nissle), kvasinky *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces boulardii* a plísně *Aspergillus oryzae* (Huang a Adams 2004; Heczko et al. 2006; Rada 2010; Markowiak a Slizewska 2017). Tyto kultury se přidávají do mléčných kysaných výrobků, sýrů, fermentovaných masných výrobků a do náplní sušenek. Probiotika se také mohou užívat ve formě kapslí a sušených prášků (Rada 2010).

Kombinací probiotik a prebiotik jsou synbiotika. Hostitele ovlivňují tím, že zlepšují přežití a usídlení živých suplementů v gastrointestinálním traktu. Stimulují růst a aktivují metabolismus bakterií podporujících zdraví a tím přirozeně působí na hostitele (Kvasničková 2000). Zdravotní účinek synbiotik je ovlivněn individuální kombinací probiotik a prebiotik. Synbiotika mají antibakteriální, antikancerogenní a antialergické účinky (Markowiak a Slizewska 2017). Zdrojem synbiotik je jogurt obsahující bifidobakterie a oligofruktózu (Rada 2010).

3.6 Oligosacharidy

Oligosacharidy se skládají spojením 2 až 10 monosacharidů a jsou přirozenou složkou potravin, např. mléka, medu, ovoce, zeleniny a příznivě ovlivňují střevní mikrobiotu. Tyto sacharidy jsou rozpustné ve vodě a jejich sladivost se pohybuje od 30 % do 60 % sacharózy. Dalšími vlastnostmi oligosacharidů je zadržování vody, přičemž se zamezuje nadměrnému vysychání a nízká aktivita vody může omezit mikrobiální kontaminaci. (Kvasničková 2000).

Do oligosacharidů řadíme fruktooligosacharidy, glukooligosacharidy, isomaltooligosacharidy, oligosacharidy rafinóзовé řady, xylooligosacharidy a maltitol. Tyto sacharidy zabraňují průjmům, stimulují střevní absorpci minerálních látek (hořčiku a vápníku), snižují riziko kardiovaskulárních chorob, rakoviny tlustého střeva a obezity (Qiang et al. 2009). Oligosacharidy používané v potravinářství nejsou zpravidla využívány mikrobiotou v dutině ústní. Využívají se jako náhražky cukru při výrobě jogurtů, nápojů, žvýkaček a cukrovinek. Jsou vhodné pro diabetiky a zamezují zácpě, ale jejich nadměrný příjem může způsobit nadýmání nebo průjem. Požití cca 40-50 g/den fruktooligosacharidů vyvolává průjmy. Dále podporují růst bifidobakterií v tlustém střevě a jejich účinnost závisí na dávce a typu oligosacharidu (Kvasničková 2000). V gastrointestinálním traktu jsou nejvíce využívány bifidobakteriemi a laktobacily (Qiang et al. 2009).

Tyto nestavitelné sacharidy se běžně vyskytují v potravinářských surovinách i výrobcích. Fruktany (fruktooligosacharidy, inulin a oligofruktóza) se vyskytují v čekance, pórků, cibuli, topinamburech, česneku, artyčoku, banánu, žitě a pšenici. Dále oligosacharidy rafinóзовé řady v luštěninách a xylooligosacharidy v bambusových výhoncích. Během výroby potravin vznikají, např. xylooligosacharidy v chlebu, isomaltooligosacharidy v pivu, saké, sójové omáčky a ovocných šťávách. Komerčně vyráběné oligosacharidy rafinóзовé řady se extrahují přímo ze suroviny a nepotřebují enzymatickou výrobu. Vedlejším produktem z výroby sójových bílkovinných izolátů a koncentrátů je sójová syrovátka, která obsahuje rafinózu, stachyózu, frukózu a glukózu (Kvasničková 2000). Dalšími komerčně vyráběnými oligosacharidy jsou fruktooligosacharidy, isomaltooligosacharidy, maltooligosacharidy, arabinoxylanové oligosacharidy, glukóooligosacharidy, galaktooligosacharidy a xylooligosacharidy. Využívají se v krmivech, farmaceutickém a kosmetickém průmyslu (Qiang et al. 2009).

3.6.1 Oligosacharidy rafinóзовé řady (RSO)

Oligosacharidy rafinóзовé řady zahrnují rafinózu (trisacharid), stachyózu (tetrasacharid) a verbaskózu (pentasacharid). Mnoho vyšších rostlin akumuluje oligosacharidy rafinóзовé řady během zrání semen (Tester a Karkalas 2003). Ačkoliv tyto sacharidy patří k antinutričním látkám mají také prospěšnou funkci jako probiotika (Peterbauer et al. 2001).

Verbaskóza (obrázek 9) se skládá ze tří molekul galaktózy, jedné molekuly glukózy a fruktózy. Stachyóza (obrázek 8) obsahuje dvě molekuly galaktózy, jednu molekulu glukózy a fruktózy. Rafinóza (obrázek 7) má jednu molekulu glukózy, galaktózy a fruktózy (Velíšek 2002).

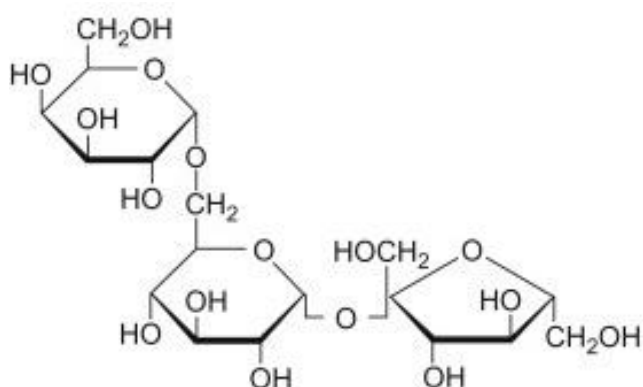
Obsah těchto oligosacharidů se pohybuje na 100 g sušiny ve fazolu obecném kolem 3,9 – 7 g, v čočce jedlé 3,4 – 5,1 g, hrachu setém 5,1 – 6,8 g, cizrně beraní 2,2 – 3,2 g a v sóje 8,4 – 15,3 g (Velíšek 2002; Martínez – Villaluenga et al. 2005). Všechny tyto sacharidy jsou neredukující. Invertáza uvolňuje fruktózovou skupinu a vede ke snižování obsahu sacharidů. Při ošetření rafinózy invertázou dostaneme fruktózu a melobiózu, zatímco z α -galaktosidázy (ze zelených kávových bobů) dostaneme sacharózu a galaktózu (Tester a Karkalas 2003).

Podíl těchto oligosacharidů se liší mezi různými druhy rostlin. Obecně se nejvíce vyskytuje rafinóza, stachyóza a méně verbaskóza. Rafinóza byla nalezena především v listech, stoncích, oddencích, kořenech a semenech. Rafinóza se přirozeně vyskytuje v zelí, cukrové řepě, fazolích, brokolici, stachyóza v zelených fazolkách, sóje, hrášku, arašidech a verbaskóza v sóji (Yahia et al. 2019). Nejúčinnější způsob redukce oligosacharidů je namáčení, kdy dochází ke snížení až o 25 %. Pokud se kombinuje namáčení, loupání, mytí a vaření může dojít k redukci o 50 % (Egounlety a Aworh 2003).

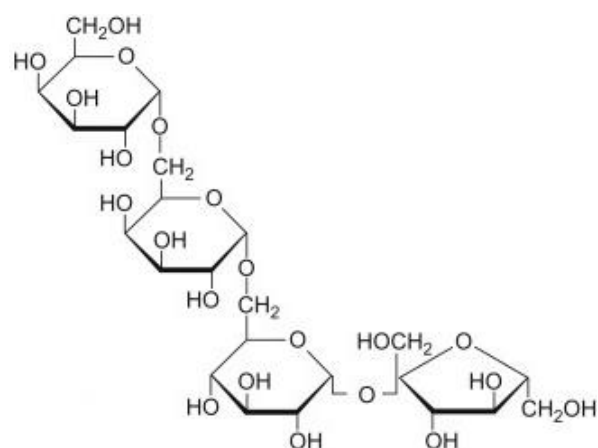
Oboh et al. (2000) se zabývali vlivem máčení, vaření a klíčení na obsah oligosacharidů v nigerských luštěninách. V západní Africe je živočišná bílkovina velmi drahá proto je strava doplňována luštěninami, které pomáhají zmírňovat nedostatek bílkovin v lidské výživě. Fazole lima, holubí hrášek, africké fazole yam jsou nedostatečně využívány v Nigérii. U těchto luštěnin bylo prokázáno vysoké množství bílkovin, aminokyselin a minerálních látek. Antinutriční látky v semenech luštěnin snižují stravitelnost bílkovin. Oligosacharidy rafinózové řady způsobují nadýmání díky nepřítomnosti enzymu α -galaktosidázy v tenkém střevě, která je potřebná pro hydrolýzu α -1,6 galaktosidické vazby. Tyto sacharidy podléhají anaerobní fermentaci bakteriální produkcí oxidu uhličitého, vodíku a malého množství methanového plynu v tlustém střevě, kde tyto metabolity způsobují nadýmání, křeče, průjem a nevolnost. V Nigérii se luštěniny zpracovávají namáčením, vařením v alkalickém roztoku a loupáním. Cílem této studie bylo identifikovat a kvantifikovat obsah oligosacharidů po namočení ve vodě, vaření nenamočených a namočených semen, vaření nenamočených semen v 0,1 % alkalickém roztoku a klíčení v hrachu lima, holubím hrachu, afrických fazolích yam a popis vhodné metody ke snížení nadýmání v luštěninách. Převažujícím oligosacharidem byla verbaskóza v holubím hrachu a stachyóza v ostatních luštěninách. Větší redukce oligosacharidů rafinózové řady byla při vaření nenamočených semen než máčení po dobu devíti hodin. Vyšší ztráty oligosacharidů byly v luštěninách vařených v alkalickém roztoku než ve vodě. Klíčení kvantitativně redukuje rafinózu, stachyózu a verbaskózu, zatímco sacharóza byla zvýšena ve všech semenech kromě červených lima fazolí (Oboh et al. 2000).

Ve studii Sat a Kales (2002) zkoumali vliv máčení a vaření na obsah oligosacharidů v sekeru což je odrůda suché fazole pěstovaná v Turecku. Luštěniny především fazole jsou považovány za levný zdroj bílkovin v lidské výživě. Cílem této studie bylo stanovení obsahu oligosacharidů v suché odrůdě fazole seker a zjistit účinnost vaření a máčení na redukci oligosacharidů. Výsledky ukázaly, že nejvíce se vyskytovala stachyóza v množství 3,83 % a rafinóza 1,89 %. K největšímu poklesu (70 %) došlo při namočení do 0,5 % roztoku hydrogenuhličitanu sodného po dobu 18 hodin a vaření v tlakové nádobě. Vaření vzorků po namočení v roztoku hydrogenuhličitanu sodném způsobilo větší snížení obsahu sacharidů než u vzorků namočených v destilované vodě (Sat a Kales 2002).

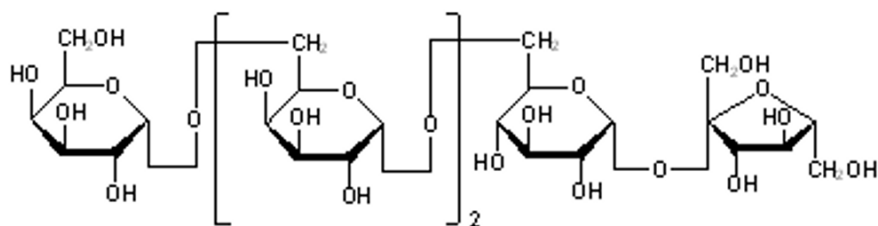
V této studii Nyombaire et al. (2007) se zabývali vlivem máčení a vaření na obsah oligosacharidů a lektinů v červených fazolích. Cílem této studie bylo zjistit účinek namáčení za zvýšené teploty a poté krátké vaření na obsah oligosacharidů a lektinů. Fazole byly namáčené po dobu 12 hodin v destilované vodě obsahující hydrogenuhličitan sodný a polyfosforečnan sodný. Počáteční teplota namáčení byla 77 °C a následné vaření po dobu 14 minut. Již na konci máčení došlo k významnému snížení aktivity lektinu, kdy byl prokázán pokles o 48,88 % a po následném vaření byla celková redukce lektinu nad 93 %. Obsah rafinózy se snížil o 80,83 % během máčení po dobu 12 hodin a celkové snížení včetně vaření o 96 %. Tato studie prokázala, že vaření a máčení bylo účinné pro snížení antinutričních látek v červených fazolích (Nyombaire et al. 2007)



Obrázek 7: Rafinóza – strukturní vzorec (<https://www.sciencedirect.com/topics/food-science/trisaccharides>)



Obrázek 8: Stachyóza – strukturní vzorec (<https://www.sciencedirect.com/topics/food-science/trisaccharides>)



Obrázek 9: Verbaskóza – strukturní vzorec
(<https://www.drugfuture.com/chemdata/verbascose.html>)

3.6.2 Fruktooligosacharidy (FOS)

Fruktooligosacharidy jsou polymery D – fruktózy integrované vazbou β (2 $\rightarrow$ 1) a na konci je molekula sacharózy. Tyto oligosacharidy jsou rostlinného původu, kde jejich obsah v ovoci a zelenině je 6 %, např. čekanka, artyčoky, cibule, banán, česnek, rajčata. Průmyslová výroba probíhá hydrolýzou inulinu nebo enzymaticky ze sacharózy červené řepy. FOS nejsou využívány patogenními mikroorganismy v tlustém střevě ani v ústech. Produkci toxických metabolitů a nevhodných enzymů ve střevech lze snížit při dávce 3-6 g/den FOS až o 40-45 %. Pozitivní účinek má dávka 2-10 g/den, ale průměrná spotřeba je nízká, a to pouze 0,8 g/den (Rudolfová a Čurda 2005). Klinické studie ukázaly, že užíváním FOS se zlepšilo složení střevní mikrobioty, došlo k úlevě od zácpy, zlepšila se hladina krevních lipidů a došlo k potlačení produkce hnilobných látek ve střevě (Hidaka et al. 1986).

3.6.3 Galaktooligosacharidy (GOS)

Průmyslová výroba galaktooligosacharidů je z laktózy transgalaktosylací účinkem β -galaktosidázy (Rudolfová a Čurda 2005). β -konfigurace způsobuje odolnost GOS proti enzymům přítomným v lidských slinách a žaludečních šťávách. Mají určitou sladivost (35 % sladivosti sacharózy), dobrou stabilitu při vysokých teplotách a při měnícím pH (Matejčková et al. 2018). Dále jsou tyto sacharidy nestravitelné střevními enzymy a mohou procházet tlustým střevem, aniž by byly tráveny. Mohou být hydrolyzovány mikroorganismy v tlustém střevě, produkují mastné kyseliny s krátkým řetězcem (kyseliny octová, propionová, máselná a plyny H_2 , CH_4 a CO_2) (Thammarutwasik et al. 2009).

Přidávají se do umělé výživy pro kojence, která simuluje kvalitativní i kvantitativní složení oligosacharidů v mateřském mléce (90 % galaktooligosacharidů, 10 % fruktooligosacharidů) (Vlková et al. 2009).

GOS mají oproti monosacharidům vyšší molekulovou hmotnost a tím se zvyšuje viskozita výrobku. U tepelně zpracovaných potravin zabraňují hnědnutí (Maillardova reakce), a u mražených ovlivňují bod tuhnutí. Zabraňují projevům mikrobiální kontaminace tím, že zadržují vlhkost a snižují aktivitu vody (Rudolfová a Čurda 2005).

3.6.4 Xylooligosacharidy (XOS)

Látka pro výrobu xylooligosacharidů je polysacharid xylan, který je extrahován z kukuřičných klasů. Tento polysacharid je hydrolyzován pomocí enzymu β (1-4) xylanázy (Vlková et al. 2009). XOS se skládají z molekul xylózy spojených vazbou β 1-4. Mohou být hydrolyzovány pomocí bifidobakterií a laktobacilů (Thammarutwasik et al. 2009).

Přirozeně se vyskytují v bambusových výhoncích, ovoci, zelenině, medu a mléku. Průmyslová výroba je z lignocelulózových materiálů. Typickými surovinami pro výrobu XOS je tvrdé dřevo, kukuřičné klasy, sláma a otruby. Sladivost xylobiózy odpovídá ze 30 % sladivosti sacharózy a u ostatních xylooligosacharidů je mírná a nemá žádnou chuť (Vázquez et al. 2000).

Xylooligosacharidy jsou stabilní v pH 2,5 – 8,0 a odolné vůči kyselinám a teplu což umožňuje jejich využití v džusech s nízkým pH. Důležitá vlastnost XOS jako potravinových přísad je schopnost stimulovat růst střevních bifidobakterií. Bifidobakterie potlačují aktivitu bakterií putrefaktivního typu, zabraňují tvorbě toxických aminů, potlačují proliferaci patogenních bakterií, podporují trávení a vstřebávání živin. Využívají se v potravinářském, zemědělském a farmaceutickém průmyslu (Vázquez et al. 2000). Matejčková et al. (2018) uvádí XOS jako složky funkčních potravin a jejich využití při výrobě synbiotických výživových doplňků.

Arabinoxylany (AX) jsou neškrobové polysacharidy a polymery xylózy, které jsou substituovány arabinofuranosylem. Vyskytují se v obilovinách a travách. Arabinoxylany vykazují antinádorovou aktivitu, zvyšují objem stolice, mají zdravotně prospěšné účinky u jedinců se sníženou tolerancí glukózy a mohou působit jako prebiotika. Využívají se v potravinářském a krmivářském průmyslu. Výzkumy ukázaly, že arabinoxylany extrahované z pšeničných otrub mají silný vliv na vrozenou a získanou imunitní odpověď u myši (Mendis a Simsek 2013).

3.6.5 Isomaltooligosacharidy (IMO)

Isomaltooligosacharidy se přirozeně vyskytují ve fermentovaných potravinách např. miso, saké, sójová omáčka, ale i v medu (Goffin 2011). Produkty IMO, které jsou vyráběny komerčně jsou směsí di-, tri- a tetrasacharidů mající bifidogenní účinky u lidí. Vyrábí se z enzymů (α a β amylázy a α -glukosidázy) využívající škrob a jsou složeny z glukóz spojených do krátkého řetězce pomocí α (1-6) vazby (Vlková et al. 2009). Isomaltóza může být štěpena v tenkém střevě. Zjistilo se, že při dávce 20 g/ den IMO se zvýšil obsah bifidobakterií v tlustém střevě u testovaných subjektů (Thammarutwasik et al. 2009).

Tato práce byla zaměřena na luštěniny a jejich oligosacharidy. Luštěniny obsahují oligosacharidy rafinózové řady, které můžeme zredukovat máčením, vařením, klíčením nebo fermentací (Dostálová 2007). Důvodem jejich redukce je špatná stravitelnost a nadýmavé účinky (Houba et al. 2014). V této práci bylo zjišťováno, jaký vliv má čas máčení a var na obsah RSO v čočce a hrachu.

4 Metodika

4.1 Stanovení množství oligosacharidů rafinózové řady v čočce a hrachu

Množství oligosacharidů rafinózové řady bylo stanoveno v čočce a hrachu pomocí komerčně dostupné enzymatické soupravy Raffinose/Sucrose/D-Glucose Assay Kit (Megazyme, Irsko). Souprava je určena pro analýzu obsahu D-glukózy, sacharózy, rafinózy, stachyózy a verbaskózy v semenech a moukách (Megazyme 2020).

Principem použité metody je rozštěpení oligosacharidů rafinózové řady pomocí enzymů α -galaktosidázy na molekuly sacharózy a molekuly galaktózy a následně pomocí invertázy rozštěpit sacharózu na molekuly glukózy a fruktózy. Glukóza je pak stanovena pomocí činidla glukózo oxidáza/peroxidáza. Glukózo oxidáza katalyzuje oxidaci β -D-glukózy na D-glukono- δ -lakton za současného uvolňování peroxidu vodíku. Peroxid vodíku v přítomnosti peroxidázy vstupuje do reakce, která zahrnuje kyselinu p-hydroxybenzoovou a 4-aminoantipyrin. Následně dojde ke kvantitativní tvorbě barviva chinoniminu, který je spektrofotometricky změřen. Každá molekula RSO obsahuje jednu molekulu glukózy, a proto lze z intenzity zbarvení vypočítat množství oligosacharidů rafinózové řady v sušině. Tato metoda nerozlišuje jednotlivé RSO (rafinózu, stachyózu, verbaskózu), ale měří pouze jejich celkové množství (Gierow a Jergil 1980; Megazyme 2020).

Testovací souprava se skládá z následujících částí:

- ✓ Lahvička 1: α -galaktosidáza v síranu amonném.
- ✓ Lahvička 2: Invertáza v 50% glycerolu + hovězí sérový albumin a azid sodný.
- ✓ Lahvička 3: Glucose oxidase-peroxidase (GOPOD) Reagent Buffer což je pufr fosforečnanu draselného, p-hydroxybenzoová kyselina a azid sodný.
- ✓ Lahvička 4: GOPOD Reagent Enzymes. Glukózo oxidáza + peroxidáza a 4-aminoantipyrin.
- ✓ Lahvička 5: Standardní roztok D-glukózy v kyselině benzoové (0,2%).
- ✓ Lahvička 6: Referenční vzorek sójové mouky se známým obsahem RSO.

Příprava roztoků byla provedena podle instrukcí od výrobce:

- ✓ Pufr 1 - pufr octanu sodného (50 mM, pH 4,5): do 900 ml destilované vody bylo přidáno 2,9 ml ledové kyseliny octové. pH bylo upraveno na 4,5 pomocí 1 M hydroxidu sodného.
- ✓ α -galaktosidáza (lahvička 1) byla kvantitativně převedena do 21 ml pufru 1. Do vzniklého roztoku bylo přidáno 2 ml invertázy (lahvička 2) za důkladného promíchání. Vzniklý roztok α -galaktosidáza a invertázy byl rozplněn do polypropylenových zkumavek a uložen do -20 °C.
- ✓ 1 ml invertázy (lahvička 2) byl přidán do 12 ml pufru 1 (50 mM pufru octanu sodného – pH 4,5).
- ✓ Obsah lahvičky 3 (GOPOD Reagent Buffer) byl zředěn v 1 l destilované vody (roztok 3).

- ✓ Obsah lahvičky 4 byl rozpuštěn ve 20 ml roztoku 3 a kvantitativně převeden do lahve obsahující roztok 3. Tato lahev se obalila hliníkovou fólií jako ochrana činidla před světlem (GOPOD Reagent).

Pro analýzu v této diplomové práci byly vybrány čočka od značky Campo largo (obrázek 10) a hrách od značky Menu gold (obrázek 11). Výživové hodnoty v 100 g výrobku jsou uvedeny v tabulce 3.

Tabulka 3: Obsah jednotlivých živin a energie v čočce (Campo largo) a hrachu (Menu gold)

Luštěnina	Bílkoviny [g]	Tuky [g]	Sacharidy [g]	Vláknina [g]	Energie [kcal]
Čočka	24	1,6	39	11	310
Hrách	22	1,5	59	12	340

Byly testovány vzorky, které byly namáčeny po dobu 1-10 a 24 hodin a následně usušeny v laboratorní sušárně při 50 °C přes noc. Následně byly rozemlety na mouku v kuchyňském mixéru Vital Blend Mini (ETA Česká republika). Vzorky byly testovány ve třech opakováních. Další vzorky byly namáčeny a vařeny dle návodu od výrobce (hrách byl máčen 5 hodin a vařen 50 minut, čočka byla namáčena 1 hodinu a vařena 30 minut). Vaření probíhalo v namáčecí vodě i v nové vodě. Po usušení vzorky byly rozemlety na mouku. Pro analýzu všech vzorků bylo odváženo $0,50 \pm 0,01$ g mouky. Mouka byla v kádince smíchána s 95% ethanolem (5 ml) a následovala inkubace ve vodní lázni při 84 °C 5 minut (tímto krokem došlo k inaktivaci endogenních enzymů). Poté byl roztok kvantitativně převeden do 50 ml odměrné baňky a po rysku doplněn pufrem octanu sodného. Vzorek se nechal 15 minut odstát (tímto krokem došlo k extrahování oligosacharidů do roztoku). Následně bylo do centrifugační zkumavky odebráno 5 ml tohoto roztoku a 2 ml chloroformu. Dalším krokem bylo zvortexování po dobu 15 sekund a následná centrifugace po dobu 10 minut při 3000 ot/min. Došlo k oddělení tukové a vodné fáze. Tuk byl při odstředování vytlačen ke kraji vodou. Z centrifugační zkumavky byla odebrána vodná fáze a rozpipetována do tří zkumavek (A, B, C) po 0,2 ml. Do zkumavky A bylo k vodné fázi přidáno 0,2 ml pufru octanu sodného, do zkumavky B 0,2 ml invertasy a do zkumavky C 0,2 ml α -galaktosidázy + invertasy. Následovala inkubace všech vzorků při 50 °C po dobu 20 minut. Po této době byl přidán do každé zkumavky GOPOD reagent (3 ml) a opět proběhla inkubace při 50 °C po dobu 20 minut. Po inkubaci došlo ve vzorcích obsahujících glukosu k červenému zabarvení, přímo úměrnému jejímu obsahu. Po vybarvení byla u vzorků ihned změřena absorbance při 510 nm na spektrofotometru Spekol 1300 (Analytik Jena, Německo). Výsledky byly přepočítány na g/100 g mouky. Hodnoty byly zpracovány v programu Statgraphics Centurion XVI (StatPoint, USA). V tabulce 4 je uveden výpočet koncentrace glukózy, sacharózy a oligosacharidů rafinóзовé řady (mmol/100 g) a v tabulce 5 přepočet na g/100 g mouky.

Tabulka 4: Výpočet koncentrace glukózy, sacharózy a oligosacharidů rafinózové řady (mmol / 100 g) (Megazyme 2020)

D-glukóza	$\Delta A \times F \times 250 \times 200 \times 1/1000$ $\Delta A \times F \times 50$
Sacharóza	$(B-A) \times F \times 250 \times 200 \times 1/1000$ $(B-A) \times F \times 50$
Oligosacharidy rafinózové řady	$(C-B) \times F \times 250 \times 200 \times 1/1000$ $(C-B) \times F \times 50$

Legenda (Megazyme 2020):

- ΔA absorbance vzorku + pufru octanu sodného
- ΔB absorbance vzorku + invertázy
- ΔC absorbance vzorku + α -galaktosidázy a invertázy
- F přepočítávací faktor z absorbance na μ moly glukózy
- 250 přepočet na 50 ml extraktu (na 0,5 g vzorku)
- 200 přepočet z 0,5 na 100 g vzorku
- 1/1000 přepočet z μ mol na mmol

Tabulka 5: Přepočet na g /100 g mouky (Megazyme 2020)

D-glukóza (g/100 g mouky)	D-glukóza (mmol/100 g) x 0,1799
Sacharóza (g/100 g mouky)	Sacharóza (mmol / 100 g) x 0,3425
Oligosacharidy rafinózové řady (g/100 g mouky)	RSO (mmol / 100 g) x 0,666



Obrázek 10: Testovaná čočka Campo Largo
(foto: Markéta Jeníčková)



Obrázek 11: Testovaný hrách Menu Gold
(foto: Markéta Jeníčková)

5 Výsledky

5.1 Stanovení množství oligosacharidů rafinózové řady v čočce a hrachu

Přesné hodnoty jsou uvedeny v tabulkách 6 a 7 a výsledky jsou graficky znázorněny v Grafu 1.

5.1.1 Stanovení množství oligosacharidů rafinózové řady v čočce

Nejmenší množství $2,27 \pm 0,04$ g RSO na 100 g mouky bylo stanoveno po 24 hodinách máčení. Dále bylo malé množství zjištěno po 2 ($2,65 \pm 0,09$ g RSO na 100 g mouky), 4 ($2,84 \pm 0,2$ g RSO na 100 g mouky) a 5 hodinách máčení ($2,95 \pm 0,12$ g RSO na 100 g mouky). Dle statistického vyhodnocení mezi těmito vzorky nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl na zvolené hladině významnosti $P < 0,01$. Naopak největší množství $3,18 \pm 0,07$ g RSO na 100 g mouky se vyskytovalo po 7 hodinách a také po 9 hodinách máčení, kde obsah činil $3,16 \pm 0,01$ g RSO na 100 g mouky. Mezi těmito vzorky také nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl ($P > 0,01$). Statisticky významný rozdíl ($P < 0,01$) byl zaznamenán mezi vzorkem, který byl máčen 24 hodin se vzorky máčenými 0, 1, 3, 6, 7, 8, 9 a 10 hodin. Během desetihodinového máčení tedy téměř nedošlo k postupnému poklesu RSO. Významný pokles RSO byl ale pozorován u vzorku máčeného 24 hodin.

V tabulce 6 jsou také uvedeny výsledky máčení a vaření čočky dle návodu. Tento způsob zapříčinil výrazný pokles RSO. Účinnějším způsobem bylo máčení a vaření s výměnou vody před vařením (voda z máčení byla slita), kde bylo obsaženo $0,99 \pm 0,14$ g RSO na 100 g mouky oproti máčení a vaření bez výměny vody, kde bylo obsaženo $1,71 \pm 0,12$ g RSO na 100 g mouky. Dle statistického vyhodnocení mezi těmito vzorky byl zjištěn statisticky významný rozdíl ($P < 0,01$). Mezi vzorkem máčení a var s výměnou vody a ostatními vzorky byl také zjištěn statisticky významný rozdíl ($P < 0,01$). Statisticky významný rozdíl ($P > 0,01$) nebyl zjištěn mezi vzorkem, který byl máčen a vařen bez výměny vody ($1,71 \pm 0,12$ g RSO na 100 g mouky) a vzorkem máčeným 24 hodin ($2,27 \pm 0,04$ g RSO na 100 g mouky).

Tabulka 6: Obsah RSO (g/100 g) v čočce. Statisticky významné rozdíly mezi odlišnými časy máčení jsou označeny horními indexy

Máčení (hod)	RSO
0	$3,08 \pm 0,18^d$
1	$2,99 \pm 0,22^d$
2	$2,65 \pm 0,09^{c,d}$
3	$3,06 \pm 0,15^d$
4	$2,84 \pm 0,20^{c,d}$
5	$2,95 \pm 0,12^{c,d}$
6	$3,01 \pm 0,13^d$
7	$3,18 \pm 0,07^d$
8	$2,99 \pm 0,12^d$
9	$3,16 \pm 0,01^d$
10	$3,09 \pm 0,19^d$
24	$2,27 \pm 0,04^{b,c}$
Máčení (1 hod) + var bez výměny vody	$1,71 \pm 0,12^b$
Máčení (1 hod) + var s výměnou vody	$0,99 \pm 0,14^a$

5.1.2 Stanovení množství oligosacharidů rafinózové řady v hrachu

Nejmenší množství $3,02 \pm 0,1$ g RSO na 100 g mouky bylo zjištěno po 7 hodinách máčení. Dále bylo malé množství stanoveno po 5 hodinách máčení a to $3,15 \pm 0,25$ g RSO na 100 g mouky. Dle statistického vyhodnocení mezi těmito vzorky nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl na zvolené hladině významnosti $P < 0,05$. Naopak největší obsah $4,94 \pm 0,2$ g RSO na 100 g mouky byl u nemáčeného vzorku. Velké množství bylo také stanoveno po 1 hodině máčení, kde obsah činil $4,73 \pm 0,26$ g RSO na 100 g mouky. Mezi těmito vzorky nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl ($P > 0,05$). Nicméně po 24 hodinách máčení ($4,31 \pm 0,31$ g RSO na 100 g mouky) nedošlo k poklesu RSO a nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl se vzorky 0 a 1 hodině máčení ($P > 0,05$). Statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$) byl zjištěn mezi nemáčeným vzorkem se vzorky máčenými 3, 4, 5, 6, 7 a 8 hodin, dále mezi máčenými vzorky 1 hodinu a 5, 6, 7 hodin a také mezi vzorkem máčeným 24 hodin se vzorky 5 a 7 hodin.

V tabulce 7 jsou uvedeny výsledky máčení a vaření hrachu dle návodu. Tento způsob zapříčinil stejně jako u čočky výrazný pokles RSO. Vzorek, který byl máčen a vařen s výměnou vody před vařením (voda z máčení byla slita) obsahoval $1,95 \pm 0,43$ g RSO na 100 g mouky a vzorek, který byl máčen a vařen bez výměny vody obsahoval $1,97 \pm 0,23$ g RSO na 100 g mouky. Dle statistického vyhodnocení mezi těmito vzorky nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl ($P > 0,05$). Výměna vody u hrachu neměla vliv na obsah RSO. Naopak vliv měl var. Mezi vzorky, které byly vařeny a pouze máčenými vzorky byl zaznamenán statisticky významný rozdíl ($P < 0,05$).

Tabulka 7: Obsah RSO (g/100 g) v hrachu. Statisticky významné rozdíly mezi odlišnými časy máčení jsou označeny horními indexy

Máčení (hod)	RSO
0	$4,94 \pm 0,20^f$
1	$4,73 \pm 0,26^{e,f}$
2	$3,99 \pm 0,11^{c,d,e,f}$
3	$3,68 \pm 0,44^{c,d,e}$
4	$3,82 \pm 0,21^{c,d,e}$
5	$3,15 \pm 0,25^c$
6	$4,08 \pm 0,86^{c,d}$
7	$3,02 \pm 0,09^{b,c}$
8	$3,71 \pm 0,25^{c,d,e}$
9	$4,02 \pm 0,19^{c,d,e,f}$
10	$3,96 \pm 0,15^{c,d,e,f}$
24	$4,31 \pm 0,31^{d,e,f}$
Máčení (5 hod) + var bez výměny vody	$1,97 \pm 0,23^{a,b}$
Máčení (5 hod) + var s výměnou vody	$1,95 \pm 0,43^a$

6 Diskuze

V provedeném experimentu nedocházelo k postupnému poklesu oligosacharidů rafinózové řady s rostoucím časem máčení. Tento pokles nebyl stanoven u čočky ani u hrachu. Ve výzkumech, ve kterých byly delší časové intervaly máčení (12 a 16 hodin), docházelo k větší redukci RSO a také máčení v roztoku hydrogenuhličitanu sodným napomáhalo k poklesu oligosacharidů než obyčejné máčení ve vodě. Velký úbytek oligosacharidů způsobilo tepelné ošetření např. var, pečení, blanširování, mikrovlnný ohřev, ošetření za vysokého tlaku a teploty (Mulimani a Devendra 1998; Hefnawy 2011; Devindra a Aruna 2016).

Oligosacharidy rafinózové řady se vyskytují především v luštěninách a akumulují se během zrání semen. Tyto sacharidy slouží jako zdroj energie pro klíčení (Tester a Karkalas 2003). Nejvíce se vyskytuje rafinóza, stachyóza a poté verbaskóza. RSO mají prospěšnou funkci jako prebiotika, ale také se řadí k antinutričním látkám (Peterbauer et al. 2001; Yahia et al. 2019). Slavin (2013) uvádí denní doporučenou dávku prebiotických oligosacharidů 5–8 g u zdravých jedinců a 15 g u pacientů, kteří mají specifické poruchy zažívacího traktu. Dle Rady (2007) je denní doporučená dávka pro každého jedince individuální. Tento autor uvádí, že také záleží na složení střevní mikrobioty a na zastoupení jednotlivých oligosacharidů v potravině nebo prebiotiku. Denní dávka RSO 1-2 g je postačující k podpoře růstu probiotických bakterií v tlustém střevě (Hara et al. 1997). Oligosacharidy rafinózové řady jsou špatně stravitelné a mají nadýmavé účinky, proto je vhodná jejich redukce pomocí technologických úprav (Peterbauer et al. 2001; Yahia et al. 2019). RSO způsobují nadýmání kvůli nepřítomnosti enzymu α -galaktosidázy v tenkém střevě, který je potřebný pro hydrolýzu α -1,6 galaktosidické vazby (Oboh et al. 2000).

6.1 Stanovení oligosacharidů v luštěninách

Podle námi získaných výsledků syrová čočka obsahovala 3,08 g RSO na 100 g v sušině, což je menší množství, než uvádí Velíšek (2002) a to 3,4 – 5,1 g RSO na 100 g v sušině. Hefnawy (2011) uvádí obsah RSO v syrové čočce 2,69 g na 100 g v sušině a Brummer et al. (2015) 3,37 g RSO na 100 g v sušině v zelené čočce a 3,20 g RSO na 100 g v sušině v červené čočce. Rozdílný obsah oligosacharidů může být ovlivněn například odrůdou (Rada 2007).

V syrovém hrachu bylo stanoveno 4,94 g RSO na 100 g v sušině. Tato hodnota je nižší v porovnání s Velíškem (2002), který uvádí 5,1 – 6,8 g RSO na 100 g v sušině. Dále Brummer et al. (2015) uvádí množství syrového zeleného hrachu 4,15 g RSO na 100 g v sušině a Ekvall et al. (2007) 5,67 g RSO na 100 g v sušině. Vysoké množství RSO v syrovém hrachu bylo zjištěno ve studii Mulimani a Devendra (1998), kde obsah činil 7,36 g RSO na 100 g sušiny a Devindra a Aruna (2016) uvádějí obsah RSO v červeném hrachu 7,78 g na 100 g v sušině. Ve výzkumu Oboh et al. (2000) syrový hnědý holubí hrách obsahoval 2,54 g RSO na 100 g sušiny. Opět odlišná odrůda může mít jiný obsah oligosacharidů (Rada 2007).

Dle Houby et al. (2009) procentuální zastoupení jednotlivých RSO v sušině: u čočky rafinóza 0,1-0,8 %, stachyóza 1,1-4,0 %, verbaskóza 0-6,4 % a u hrachu rafinóza 0,4-2,3 %, stachyóza 0,3-4,2 % a verbaskóza 0-4,3 %. Velíšek a Hajšlová (2009) se v procentuálním zastoupení jednotlivých RSO v sušině odlišují: u čočky rafinóza 0,3-0,5 %, stachyóza 1,9-3,1 %, verbaskóza 1,2-1,4 % a u hrachu rafinóza 0,6-1 %, stachyóza 1,9-2,7 % a verbaskóza 2,5-3,1 %. Obsah RSO může být ovlivněn odrůdou, půdním hnojením, povětrnostními a klimatickými podmínkami pěstování (Rada 2007).

V tabulce 8 je uvedeno množství oligosacharidů rafinózové řady v neopracované čočce a hrachu od různých autorů v porovnání s našimi výsledky.

Tabulka 8: Množství oligosacharidů rafinózové řady v neopracované čočce a hrachu (g/100 g sušiny)

Čočka jedlá	3,08	Naměřená hodnota
	3,4-5,1	Velíšek (2002)
	2,69	Hefnawy (2011)
Čočka zelená	3,37	Brummer et al. (2015)
Čočka červená	3,2	Brummer et al. (2015)
Hrách zelený	4,94	Můj výsledek
	5,1 – 6,8	Velíšek (2002)
	4,15	Brummer et al. (2015)
	5,67	Ekvall et al. (2007)
Hrách žlutý	4,51	Brummer et al. (2015)
Hrách čerstvý	5,67	Ekvall et al. (2007)
Hrách červený	7,36	Mulimani a Devendra (1998)
	7,78	Devindra a Aruna (2016)
Hnědý holubí hrách	2,54	Oboh et al. (2000)
Krémový holubí hrách	3,52	

6.2 Vliv máčení na množství oligosacharidů v čočce

Podle předpokladu největší množství oligosacharidů rafinózové řady měl obsahovat vzorek 0, který nebyl máčen, a naopak nejmenší množství RSO vzorek 24, který byl máčen 24 hodin.

V porovnání s odbornými zdroji je námi naměřený výsledek u nemáčené čočky nižší. Dle literatury se obsah RSO v nemáčené čočce pohybuje v rozmezí od 3,4 do 5,1 g na 100 g sušiny (Velíšek 2002). Brummer et al. 2015 uvádí množství 3,37 g RSO na 100 g sušiny.

Kontrolní sójová mouka měla obsahovat 6,2 g RSO na 100 g v sušině. Námi naměřená hodnota této mouky byla 4,1 g RSO na 100 g v sušině, proto nemáčený vzorek obsahoval menší množství RSO v porovnání s odbornou literaturou.

Významný pokles RSO byl stanoven u vzorku máčeného 24 hodin. Dále byl pokles RSO zaznamenán u vzorků máčených 1, 2, 3, 4, 5, 6, a 8 hodin. Čočka, která byla máčena 7, 9 a 10 hodin měla vyšší množství oligosacharidů rafinózové řady než vzorek 0, který nebyl máčen. Vzorky, které obsahovaly vyšší množství RSO oproti nemáčenému vzorku byly statisticky nevýznamné. Chyba mohla nastat v přípravě vzorků nebo v nepřesnosti metody. Podle předpokladu nejmenší množství RSO obsahoval vzorek, který byl máčen 24 hodin a došlo k redukci RSO o 27 %. Důvodem bylo dlouhé 24hodinové máčení oproti jiným vzorkům. Dle výsledků této práce ideální doba máčení pro čočku byla 24 hodin. Egounlety a Aworh (2003) potvrzují, že dlouhé máčení způsobuje redukci RSO o 25 %, což je v souladu s našimi výsledky.

Výrazný pokles RSO zapříčinil var. Čočka, která byla máčena a poté vařena bez výměny vody obsahovala $1,71 \pm 0,12$ g RSO na 100 g mouky a čočka s výměnou vody $0,99 \pm 0,14$ g RSO na 100 g mouky. U čočky bez výměny vody došlo k redukci RSO o 44 % a s výměnou vody až o 67 %. Z toho vyplývá, že var a výměna vody jsou účinnější na redukci RSO než var bez výměny vody nebo jen samotné máčení. Dle Egounlety a Aworh (2003) je vhodná kombinace máčení a vaření, kdy dochází ke snížení obsahu RSO až o 50 %, což odpovídá námi získaným hodnotám.

Ve studii Abdel-Gawad (1993) byly luštěniny namočené ve vodě a v 0,5% roztoku hydrogenuhličitanu sodném po dobu 4, 8 a 12 hodin a následně vařeny. U čočky, která byla máčena 4 hodiny pouze ve vodě došlo k redukci RSO o 7,4 % a po 12 hodinách o 32,7 %. Opět se potvrdilo, že delší čas máčení způsobuje větší pokles RSO. Během máčení v 0,5% roztoku hydrogenuhličitanu sodném došlo k redukci RSO po 4 hodinách o 13,2 % a po 12 hodinách o 37,5 %. Roztok hydrogenuhličitanu sodného mírně zvýšil pokles nestravitelných oligosacharidů oproti vodě. Kombinace máčení (12 hodin) pouze ve vodě a var zapříčinilo pokles RSO v čočce o 56,3 % a máčení (12 hodin) v 0,5% roztoku hydrogenuhličitanu sodném a var až o 64,7 %. Potvrdilo se, že kombinace máčení a varu má vysoké účinky na odstranění RSO. Vliv na redukci RSO mělo také tlakové vaření, kde došlo k poklesu o 50 % (Abdel-Gawad 1993).

Hefnawy (2011) máčel čočku ve vodě po dobu 12 hodin s následnou tepelnou úpravou. Dle tohoto autora neošetřená semena čočky obsahovala 2,69 g RSO na 100 g v sušině což je méně než v praktické části této práce. Nižší obsah může být způsoben odrůdou nebo klimatickými podmínkami pěstování (Rada 2007). Hefnawy (2011) uvádí, že během vaření došlo k redukci RSO o 43 %, při ošetření za vysokého tlaku a teploty o 47 % a při mikrovlnném

vaření o 58 %. V této studii byla snížena hodnota RSO díky kombinaci máčení a tepelných úprav v průměru o 50 %. V tabulce 9 jsou uvedeny způsoby tepelných úprav a jejich vliv na množství RSO v čočce.

Tabulka 9: Obsah RSO v čočce (g/100 g v sušině) (Hefnawy 2011)

Způsob ošetření	Máčení 12 h
Var ve vodě	1,51
Autoklávování	1,42
Mikrovlnný var	1,12

6.3 Vliv máčení na množství oligosacharidů v hrachu

U hrachu se jako u čočky předpokládalo, že největší množství oligosacharidů rafinózové řady bude obsahovat vzorek 0, který nebyl máčen a nejmenší množství vzorek 24, který byl máčen 24 hodin.

Námi stanovená hodnota u nemáčeného hrachu je nižší v porovnání s údaji uvedenými v literatuře. Velíšek 2002 uvádí obsah RSO v nemáčeném hrachu 5,1 – 6,8 g na 100 g sušiny. Dle Brummera et al. 2015 je hodnota nižší, než uvádí Velíšek 2002 a to 4,15 g RSO na 100 g sušiny.

Stejně jako u čočky kontrolní sójová mouka měla obsahovat 6,2 g RSO na 100 g v sušině a námi naměřená hodnota byla 4,1 g RSO na 100 g v sušině, proto nemáčený vzorek obsahoval nižší množství RSO v porovnání s odbornými zdroji.

Postupný pokles RSO byl stanoven u vzorků, které byly máčeny 1,2,3,5,7 hodin. U ostatních vzorků nebyl zaznamenán postupný pokles ani výrazný nárůst RSO. U čočky se vyskytly máčené vzorky, které měly vyšší hodnotu RSO, než nemáčený vzorek což bylo statisticky nevýznamné, ale tato situace u hrachu nenastala. Chyba mohla opět nastat v přípravě vzorků nebo v nepřesnosti metody. Hrách, který nebyl máčen obsahoval podle předpokladu nejvyšší množství RSO. Nicméně vysoké množství těchto oligosacharidů bylo také zjištěno u vzorku, který byl máčen 24 hodin a to $4,31 \pm 0,31$ g RSO na 100 g. Došlo k redukci RSO pouze o 13 %. Tento výsledek se neshoduje s literaturou, ve které se uvádí redukce RSO během máčení o 25 % (Egounlety a Aworh 2003). Důvodem, také mohla být nepřesnost metody nebo chyba v přípravě vzorků. Dle výsledků v této práci byla ideální doba máčení pro hrách 7 hodin, kde byl zjištěn nejnižší obsah RSO. Výrazný pokles těchto oligosacharidů po 7 hodinách mohl být způsoben stejnými chybami jako u předešlých vzorků. Pro přesnější stanovení výsledků by bylo vhodné u vzorků provést více opakování.

Výrazný pokles RSO opět zapříčinil var. Hrách, který byl máčen a poté vařen bez výměny vody obsahoval $1,97 \pm 0,23$ g RSO na 100 g mouky a hrách s výměnou vody $1,95 \pm 0,43$ g RSO na 100 g mouky. Dle výsledků tak u hrachu neměla, narozdíl od čočky, výměna vody významný vliv na množství RSO a došlo k jejich redukci o 60 %. Opět se potvrdilo, že kombinace máčení a vaření je vhodná ke snížení RSO o 50 % (Egounlety a Aworh 2003).

Ve výzkumu Mulimani a Devendra (1998) neošetřený červený hrách obsahoval 7,36 g RSO na 100 g sušiny což je vyšší množství, než obsahoval hrách použit v této práci.

Důvodem může být jiná odrůda hrachu (Rada 2007). Pokles RSO během máčení 16 hodin byl o 40 % a vaření 60 minut zapříčinilo pokles až o 80 %. Opět se prokázalo, že dlouhé máčení a tepelná úprava mají výrazný vliv na obsah RSO v luštěninách. Výsledné hodnoty máčení a varu jsou uvedeny v tabulce 10.

Ekvall et al. (2007) ve své studii uvádí, že lze extrahovat v 50% ethanolu všechny RSO ze zeleného hrachu. Dále uvádí obsah RSO v čerstvém zeleném hrachu 5,67 g RSO na 100 g v sušině a ve spařeném 3,92 g RSO na 100 g. Spařením došlo k redukci RSO o 30 %.

Brummer et al. (2015) také extrahovali luštěniny v 50% ethanolu jako ve studii Ekvall et al. (2007), ale již neuvádí úplnou extrakci RSO. Nejmenší množství RSO v sušině obsahovala cizrna a fazole a největší čočka a hrách. Tito autoři se shodují s Radou (2007), že množství oligosacharidů záleží na odrůdě dané luštěniny.

Devindra a Aruna (2016) namáčeli červený hrách v 1 a 2% roztoku hydrogenuhličitanu sodným po dobu 4, 8, 12, 16 hodin. Po 16 hodinách máčení došlo k redukci RSO o 65 %, pečení hrachu způsobilo pokles o 61 % a vaření o 32 %. Z toho vyplývá, že největší vliv na redukci RSO v červeném hrachu mělo dlouhé máčení v roztoku hydrogenuhličitanu sodným a pečení. Neošetřený červený hrách obsahoval 7,78 g RSO na 100 g v sušině. Toto množství je vyšší, než obsahuje hrách použit v praktické části této práce a také Brummer et al. (2015) uvádí nižší množství. Stejně jako v předchozích výzkumech množství RSO záleží na odrůdě, klimatických podmínkách a půdním hnojení (Rada 2007).

V tabulce 10 je uveden vliv máčení a varu na obsah RSO v červeném hrachu a hrachu použitým v této práci.

Tabulka 10: Vliv máčení a varu na obsah oligosacharidů rafinózové řady v červeném hrachu (ČH) a hrachu použitým v této diplomové práci (DP) (g/100 g v sušině) (Mulimani a Devendra 1998; Devindra a Aruna 2016)

Způsob ošetření	Máčení (h)				Vaření (min)				
	4	8	12	16	20	30	40	50	60
H ₂ O (ČH)	5,17	4,42	4,64	4,48	5,11	4,15	3,5	2,92	1,29
1% NaHCO ₃ (ČH)	5,14	4,95	4,21	3,3					
2% NaHCO ₃ (ČH)	5,73	5,18	5,51	3,29					
H ₂ O (DP)	3,82	3,71							

Oboh et al. (2000) se zabývali obsahem RSO v nigerských luštěninách. Neošetřený hnědý holubí hrách obsahoval 2,54 g RSO na 100 g sušiny a krémový holubí hrách 3,52 g RSO na 100 g sušiny. U hnědého holubího hrachu mělo vaření ve vodě za následek ztrátu RSO o 26 %, var v alkalickém roztoku 43 % a máčení + var 51 %. U krémového holubího hrachu došlo k redukci RSO během varu ve vodě o 62 %, varu v alkalickém roztoku o 88 % a máčení + var o 76 %. Alkalický roztok a var zapříčinili výrazný pokles RSO. V tabulce 11 můžeme vidět vliv technologických úprav na hnědý a krémový holubí hrách.

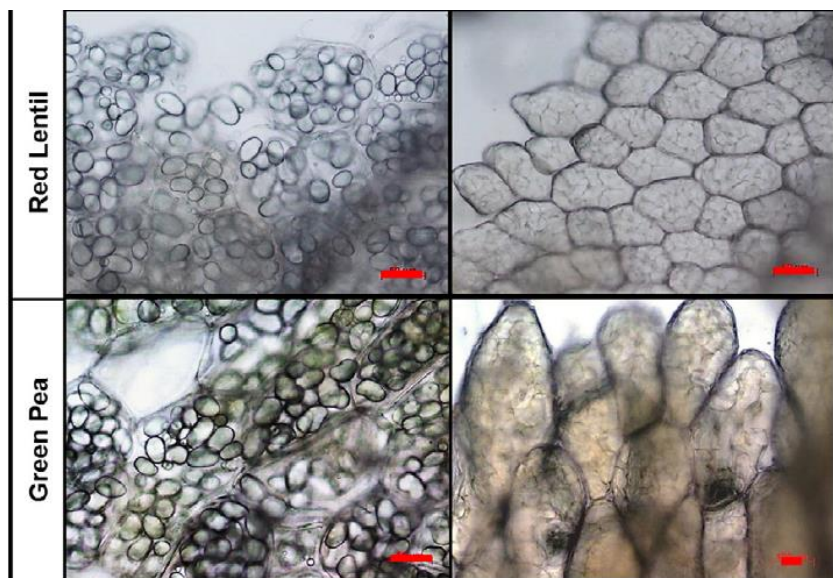
Tabulka 11: Obsah RSO v hnědém a krémovém holubím hrachu (g/100 g v sušině) (Oboh et al. 2000)

Způsob ošetření	Hnědý holubí hrách	Krémový holubí hrách
Var ve vodě	1,86	1,35
Var v 0,1 % alkalickém roztoku	1,44	0,43
Máčení (12 h) a var	1,25	0,85

Technologická úprava luštěnin je důležitá z důvodu snížení obsahu nestravitelných oligosacharidů. Dlouhým máčením a poté tepelnou úpravou zredukujeme nestravitelné oligosacharidy a tím můžeme předejít zdravotním problémům, mezi které patří nadýmání nebo špatná stravitelnost. Oligosacharidy nemají jen negativní vlastnosti, ale i pozitivní. Mezi tyto pozitivní vlastnosti řadíme snížení rizika kardiovaskulárních chorob, rakoviny tlustého střeva nebo obezity, dále oligosacharidy zabraňují průjmům a stimulují střevní absorpci minerálních látek (hořčíku, vápníku) (Qiang et al. 2009).

Nejefektivnější metodou na redukci RSO v luštěninách podle výzkumů byla kombinace máčení a varu. Dlouhodobé máčení (alespoň 12 hodin) v roztoku hydrogenuhličitanu sodného a poté var způsobilo pokles RSO o 64 %. Máčení ve vodě 16 hodin a následný var způsobilo redukci RSO až o 80 %. Také samotné dlouhodobé máčení ve vodě způsobilo výrazný pokles a to o 40 %. Krátkodobé máčení (4 hodiny) mělo nepatrný efekt redukce. Pokud bychom chtěli během kulinářské úpravy snížit riziko nadýmání v čočkovém nebo hrachovém pokrmu, tak nejlepší variantou je máčení alespoň 12 hodin s následnou tepelnou úpravou (vaření, pečení). Také je vhodné slít namáčecí vodu a vařit v nové vodě. V gastronomii se často využívá červená čočka, která je, jak již bylo zmíněno v teoretické části, lépe stravitelná z důvodu odstranění vnějších obalů. Z čočky lze připravit různé pomazánky, kaše nebo saláty. Také z hrachu lze připravit polévky, kaše, pomazánky, saláty nebo se konzumuje za syrova či konzervovaný.

Na obrázku 12 můžeme vidět mikrostrukturu syrové a vařené červené čočky a zeleného hrachu.



Obrázek 12: Mikrostruktura syrové červené čočky a zeleného hrachu (vlevo) a mikrostruktura vařené červené čočky a zeleného hrachu (vpravo) (Brummer et al. 2015)

7 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo ověřit vliv máčení na obsah oligosacharidů a určit ideální dobu máčení pro jednotlivé luštěniny. Čočka a hrách byly máčeny v intervalech od 1 do 10 hodin, 24 hodin a poté máčeny a vařeny dle návodu na obalu s výměnou nebo bez výměny vody.

Na základě výsledků můžeme říci, že ideální doba máčení u čočky byla 24 hodin, kde byl znatelný pokles RSO. Naopak nejmenší pokles byl u čočky máčené 7 hodin. Čočka máčena 1 hodinu a vařena 30 minut měla významný vliv na pokles RSO. Nejúčinnějším způsobem na odstranění těchto oligosacharidů u čočky bylo máčení a vaření s výměnou vody.

Dle výsledků u hrachu byla ideální doba máčení 7 hodin, kdy byl zaznamenán pokles RSO. Naopak největší množství RSO bylo u nemáčeného vzorku. Hrách, který byl máčen 5 hodin a vařen 50 minut měl nejvýraznější pokles RSO bez ohledu na to, zda byla po máčení vyměněna voda.

U čočky ani u hrachu nebyl zaznamenán postupný pokles RSO. Chyba mohla nastat během sušení, přípravy nebo měření vzorku. Kombinace máčení a varu mělo největší účinek na redukci těchto oligosacharidů. Pro zmírnění nadýmavých účinků a pro lehčí stravitelnost čočky a hrachu lze z technologických úprav využít již zmíněnou kombinaci máčení a varu nebo v případě čočky dlouhé 24hodinové máčení. Pro potvrzení dosažených výsledků by bylo vhodné uskutečnit u vzorků více opakování nebo použít luštěniny od více výrobců.

8 Literatura

- Abdel-Gawad A. 1993. Effect of domestic processing on oligosaccharide content of some dry legume seeds. *Food Chemistry* **46**: 25–31.
- Abrahamsson TR, Jakobsson T, Björkstén B, Oldaeus G, Jenmalm MC. 2013. No effect of probiotics on respiratory allergies: a seven-year follow-up of a randomized controlled trial in infancy. *Pediatric Allergy and Immunology* **24**: 556–561.
- Arcimovičová J. 2013. Fazole – Jedinečný zdroj bílkovin. *Regenerace* **21**: 38-39.
- Babička L. 2017. Toxicky významné látky v potravinách. Potravinářská komora České republiky, Česká technologická platforma pro potraviny, Publikace České technologické platformy pro potraviny, Praha.
- Blatná J, Dostálová J, Tláškal P. 2016. Živiny a další složky obsažené v potravinách. Pages 7-22 in Tláškal P, Blatná J, Dlouhý P, Dostálová J, Perlín C, Pivoňka J, Kunová V, Štiková O., editors. *Výživa a potraviny pro zdraví*. Společnost pro výživu, Praha.
- Brouwer ML, Wolt-Plompen SAA, Dubois AEJ, van der Heide S, Jansen DF, Hoijer MA, Kauffman HF, Duiverman EJ. 2006. No effects of probiotics on atopic dermatitis in infancy: a randomized placebo-controlled trial. *Clinical Experimental Allergy* **36**: 899–906.
- Brummer Y, Kaviani M, Tosh S. M. 2015. Structural and functional characteristics of dietary fibre in beans, lentils, peas and chickpeas. *Food Research International* **67**: 117–125.
- Bulková V. 2011. Rostlinné potraviny. Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů v Brně, Brno.
- Cardador-Martínez A, Loarca-Piña G, Oomah BD. 2002. Antioxidant activity in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **50**: 6975–6980.
- Cornwell T. 2004. Dietary phytoestrogens and health. *Phytochemistry* **65**: 995–1016.
- Dahl WJ, Foster LM, Tyler RT. 2012. Review of the health benefits of peas (*Pisum sativum* L.). *British Journal of Nutrition* **10**: 3-10.
- Devindra S, Aruna T. 2016. Effect of Chemical Soaking, Toasting and Crude α -Galactosidase Enzyme Treatment on the Oligosaccharide Content of Red Gram Flour. *Journal of Food Processing and Preservation*. (e12922) DOI: 10.1111/jfpp.12922.
- Dostálová J. 2007. Luštěniny známé a méně známé. *Výživa a potraviny* **62**: 54-55.

Dostálová J, Prugar J. 2008. Luskoviny. Pages 195–202 in Prugar J, et al., editors. Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský ve spolupráci s komisí jakosti rostlinných produktů ČAZV, Praha.

Dostálová J, Hosnedl V. 2009. Jakost luštěnin ve vztahu k výživě. Pages 52–55 in Houba M, et al., editors. Luskoviny pěstování a užití. Kurent, České Budějovice.

Dostálová R, Horáček J, Skřivan P, Sluková M. 2016. Jak poznáme kvalitu? Obiloviny a luštěniny. Sdružení českých spotřebitelů, z.ú., Praha.

Dostálová R. 2017. Jak poznáme kvalitu? Sója a výrobky ze sóji. Sdružení českých spotřebitelů, z.ú., Praha.

Drug Future. 2020. Verbascope. Available from <https://www.drugfuture.com/chemdata/verbascope.html> (accessed January 2020).

Egounlety M, Aworh O. 2003. Effect of soaking, dehulling, cooking and fermentation with *Rhizopus oligosporus* on the oligosaccharides, trypsin inhibitor, phytic acid and tannins of soybean (*Glycine max* Merr.), cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) and groundbean (*Macrotyloma geocarpa* Harms). Journal of Food Engineering **56**: 249–254.

Ekvall J, Stegmark R, Nyman M. 2007. Optimization of extraction methods for determination of the raffinose family oligosaccharides in leguminous vine peas (*Pisum sativum* L.) and effects of blanching. Journal of Food Composition and Analysis **20**: 13–18.

Faris MAIE, Takturi HR, Issa AY. 2012. Role of lentils (*Lens culinaris* L.) in human health and nutrition: a review. Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism **6**: 3–16.

Fernandes AC, Nishida W, da Costa Proenca RP. 2010. Influence of soaking on the nutritional quality of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) cooked with or without the soaking water. International Journal of Food Science and Technology **45**: 2209–2218.

Goffin D, Delzenne N, Blecker C, Hanon E, Deroanne C, Paquot M. 2011. Will isomalto-oligosaccharides, a well-established functional food in Asia, break through the European and American market? The status of knowledge on these prebiotics. Critical Reviews in Food Science and Nutrition **51**: 394–409.

Gierow P, Jergil B. 1980. A spectrophotometric method for the determination of glucose-6-phosphatase activity. Analytical Biochemistry **101**: 305–309.

Hayat I, Ahmad A, Masud T, Ahmed A, Bashir S. 2013. Nutritional and health perspectives of beans (*Phaseolus vulgaris* L.): An Overview. Critical Reviews in Food Science and Nutrition **54**: 580–592.

- Hara T, Ikeda N, Hatsumi K et al. 1997. Effects of small amount ingestion of soybean oligosaccharides on bowel habits and fecal flora of volunteers. *The Japanese Journal of Nutrition and Dietetics* **55**: 79–84.
- Heczko PB, Strus M, Kochan P. 2006. Critical evaluation of probiotic activity of lactic acid bacteria and their effects. *Journal of physiology and pharmacology* **57**: 5-12.
- Hefnawy TH. 2011. Effect of processing methods on nutritional composition and anti-nutritional factors in lentils (*Lens culinaris*). *Annals of Agricultural Sciences* **56**: 57–61.
- Hidaka H, Eida T, Takizawa T, Tokunaga T, Tashiro Y. 1986. Effects of fructooligosaccharides on intestinal flora and human health. *bifidobacteria and microflora* **5**: 37–50.
- Hotzký J. 2018. Jsou rostliny k jídlu? Jak se zdravě stravovat a vyhnout se potížím nejen při rostlinné stravě. ARSCI, Praha.
- Houba M. 2019. Pěstování luskovin – Čočka a cizrna. Kurent, s.r.o. Available from www.agromanual.cz (accessed February 2020).
- Houba M. 2018. Čočka – oblíbená luštěnina. *Úroda* **66**: 56-58.
- Houba M. 2014. Kuchařka: luštěniny a luskové zeleniny v lidské výživě: recepty z tuzemska i ze světa. Kurent, České Budějovice.
- Huang Y, Adams MC. 2004. In vitro assessment of the upper gastrointestinal tolerance of potential probiotic dairy propionibacteria. *International Journal of Food Microbiology* **9**: 253–260.
- Huizen J. 2017. Soluble and insoluble fiber: What is the difference? Available from www.medicalnewstoday.com (accessed February 2020).
- Chábová K. 2017. Cizrny se nepřejíte. *Svět potravin* **3**: 10-12.
- Isanga J, Zhang GN. 2008. Soybean bioactive components and their implications to health-A Review. *Food Reviews International* **24**: 252–276.
- Jukanti AK, Gaur PM, Gowda CLL, Chibbar RN. 2012. Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): a review. *British Journal of Nutrition* **108**: 11-26.
- Kadlec P, Dostálová J, Houska M, Strohalm J, Bubník Z. 2006. Evaluation of α -galactosides decrease during storage of germinated pea seeds treated by high pressure. *Journal of Food Engineering* **2**: 364-367.

Kodeš A, Kvaček J. 2012. Prebiotika zlepšují zdravotní stav. Profí Press s.r.o. Moravio. Available from <https://www.zemedelec.cz/prebiotika-zlepsuji-zdravotni-stav/> (accessed November 2019).

Kohout P. 2009. Probiotika v rukou praktického lékaře. *Medicína pro praxi* **6**: 135-139. Kumari M, Jain S. 2012. Tannins: an antinutrient with positive effect to manage diabetes. *Research Journal of Recent Sciences* **1**: 1-8.

Kvasničková A. 2000. Sacharidy pro funkční potraviny: probiotika - prebiotika – symbiotika. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha.

Lajolo FM, Genovese MI. 2002. Nutritional significance of lectins and enzyme inhibitors from legumes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **50**: 6592–6598.

Liong MT. 2008. Probiotics: A Critical Review of Their Potential Role as Antihypertensives, Immune Modulators, Hypocholesterolemics, and Perimenopausal Treatments. *Nutrition Reviews* **65**: 316–328.

Lokuruka MNI. 2010. Soyabean nutritional properties: The good and the bad about soy foods consumption – a review. *African Journal of food, Agriculture, Nutrition and Development* **10**: 2439-2459.

López-Martínez LX, Leyva-López N, Gutiérrez-Grijalva EP, Heredia JB. 2017. Effect of cooking and germination on bioactive compounds in pulses and their health benefits. *Journal of Functional Foods* **38**: 624–634.

Markowiak P, Śliżewska K. 2017. Effects of Probiotics, Prebiotics, and Synbiotics on Human Health. *Nutrients* **9**: 1021.

Martínez-Villaluenga C, Frías J, Vidal-Valverde C. 2005. Raffinose family oligosaccharides and sucrose contents in 13 Spanish lupin cultivars. *Food Chemistry* **91**: 645–649.

Matejčeková Z, Liptáková D, Valík L. 2018. Prebiotiká a ich aplikácie v potravinárskom priemysle. *Chemické listy* **112**: 366-371.

Mateos-Aparicio I, Redondo Cuenca A, Villanueva-Suárez MJ, Zapata-Revilla MA. 2008. Soyabean, a promising health source. *Nutrición Hospitalaria* **23**: 305-312.

Mendis M, Simsek S. 2013. Arabinoxylans and human health. *Food Hydrocolloids* **42**: 239-243.

Megazyme. 2020. Megazyme. Bray Business Park, Ireland. Available from www.megazyme.com (accessed February 2020).

- Mulimani V.H, Devendra S. 1998. Effect of soaking, cooking and crude α -galactosidase treatment on the oligosaccharide content of red gram flour. *Food Chemistry* **61**: 475-479.
- Muzquiz, M, Varela A, Burbano C, Cuadrado C, Guillamón E, Pedrosa MM. 2012. Bioactive compounds in legumes: pronutritive and antinutritive actions. Implications for nutrition and health. *Phytochemistry Reviews* **11**: 227–244.
- Nasar-Abbas SM, Plummer JA, Siddique KHM, White P, Harris D, Dods K. 2008. Cooking quality of faba bean after storage at high temperature and the role of lignins and other phenolics in bean hardening. *LWT - Food Science and Technology* **41**: 1260–1267.
- Novotná P, Pečenková N, Šlajchová S, Houška M, Dostálová J. 2018. Naklíčené luštěniny a jejich kulinární úpravy. *Výživa a potraviny* **73**: 132-133.
- Nyombaire G, Siddiq M, Dolan K. 2007. Effect of soaking and cooking on the oligosaccharides and lectins in the red kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Department of food science and human nutrition, Department of biosystems and agricultural engineering , Michigan State University, East Lansing, MI.
- Oboh HA, Muzquiz M, Burbano C, Cuadrado C, Pedrosa MM, Ayet G, Osagie AU. 2000. Effect of soaking, cooking and germination on the oligosaccharide content of selected Nigerian legumeseeds. *Plant Foods for Human Nutrition* **55**: 97–110.
- Peterbauer T, Lahuta LB, Blochl A, Mucha J, Jones DA, Hedley CL, Gorecki RJ, Richter A. 2001. Analysis of the raffinose family oligosaccharide pathway in pea seeds with contrasting carbohydrate composition. *Plant psychology* **127**: 1764–1772.
- Polišenská I, Dostálová J, Hajšlová J, Hrubý J, Kalač P, Prugar J, Vaculová K. 2008. Nežádoucí látky v rostlinných produktech. Pages 47–59 in Prugar J, et al., editors. *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský ve spolupráci s komisí jakosti rostlinných produktů ČAZV, Praha.*
- Prusinski J. 2017. White lupin (*Lupinus albus* L.) – nutritional and health values in human nutrition – a review. *Czech J. Food Sci* **35**: 95-105.
- Qiang X, YongLie C, QianBing W. 2009. Health benefit application of functional oligosaccharides. *Carbohydrate Polymers* **77**: 435–441.
- Rada V. 2010. Využití probiotik, prebiotik a synbiotik. *Interní medicína pro praxi* **12**: 92-97
- Reddy NR, Sathe SK, Salunkhe DK. 1982. Phytates in legumes and cereals. *Advances in Food Research* **28**: 1–92.

Rudolfová J, Čurda L. 2005. Prebiotický účinek galaktooligosacharidů a využití laktosy pro jejich produkci. *Chemické listy* **99**: 168-174.

Sat IG, Kales F. 2002. The effect of soaking and cooking on the oligosaccharide content of seker a dry bean variety (*P. vulgaris*, L) grown in Turkey. *Pakistan Journal of Nutrition* **1**: 206-208.

Science Direct. 2019. Trisaccharides. Available from <https://www.sciencedirect.com/topics/food-science/trisaccharides> (accessed January 2020).

Shimelis EA, Rakshit SK. 2008. Influence of natural and controlled fermentations on α -galactosides, antinutrients and protein digestibility of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *International Journal of Food Science & Technology* **43**: 658–665.

Shrestha AK, Dahal NR, Ndungutse V. 2010. Bacillus Fermentation of Soybean: A Review. *Journal of Food Science and Technology Nepal* **6**: 1-9.

Shukla G, Palkamshetti A, Srinidhi K, Sampath Kumar CJ. 2019. Colincare Capsules – A Perfect Blend of Probiotics & Prebiotics to Maintain Healthy Gut Flora. *Asian Journal of Applied Science and Technology* **1**: 158-167.

Slavin J. 2013. Fiber and prebiotics: mechanisms and health benefits. *Nutrients* **5**: 1417–1435.

Stránský M, Ryšavá L. 2014. Fyziologie a patofyziologie výživy. 2., dopl. vyd. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulta, České Budějovice.

Strosserová A, Dostálová J. 2009. Luštěniny. *Výživa a potraviny* **5**: 66-68.

Švejtil R, Musilová Š, Rada V. 2015. Raffinose-Series Oligosaccharides in Soybean Products. *Scientia Agriculturae Bohemica* **46**: 73–77.

Švejtil R, Musilová Š. 2018. Význam vlákniny ve výživě a její spotřeba v České republice. *Potravinářská revue* **5**: 13-15.

Tester RF, Karkalas J. 2003. Carbohydrates: classification and properties. Pages 862–875 in Caballero B, Trugo LC, Finglas PM, editors. *Encyclopedia of food sciences and nutrition*. 2nd ed. Academic Press, New York.

Thammarutwasik P, Hongpattarakere T, Chantachum S, Kijroongrojana K, Itharat A, Reanmongkol W, Tewtrakul S, Ooraikul B. 2009. Prebiotics - A Review. *Songklanakarin Journal of Science and Technology* **31**: 401-408.

Tharanathan R, Mahadevamma S. 2003. Grain legumes - a boon to human nutrition. *Trends in Food Science & Technology* **14**: 507–518.

Thavarajah D, Thavarajah P, Kumar S. 2013. Lentils (*Lens Culinaris L.*): Linking whole foods for better human health. Pages 193-207 in Satou H, Nakamura R, editors. Legumes: types, nutritional composition and health benefits. Nova Science Pub Inc, UK.

Tóth Š. 2018. Lupina biela a lupina žltá. *Úroda* **10**: 58-61.

Vasconcelos IM, Oliveira JTA. 2004. Antinutritional properties of plant lectins. *Toxicon* **44**: 385-403.

Vázquez M, Alonso J, Domínguez H, Parajó, J. 2000. Xylooligosaccharides: manufacture and applications. *Trends in Food Science & Technology* **11**: 387–393.

Velayutham R, Sankaradoss N, Ahamed KN. 2012. Protective effect of tannins from *Ficus racemosa* in hypercholesterolemia and diabetes induced vascular tissue damage in rats. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine* **5**: 367–373.

Velíšek J. 2002. *Chemie potravin*. OSSIS, Tábor.

Velíšek J, Hajšlová J. 2009. *Chemie potravin*. OSSIS, Tábor.

Vlková E, Rada V. 2009. *Potravinářská mikrobiologie*. 2. vyd. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.

Vlková E, Kodešová T, Švejtil R, Skřivanová E, Musilová Š. 2018. Lupina jako zdroj prebiotických oligosacharidů. *Výživa a potraviny* **3**: 76-58.

Ware M. 2019. What are the benefits of chickpeas? Available from www.medicalnewstoday.com (accessed February 2020).

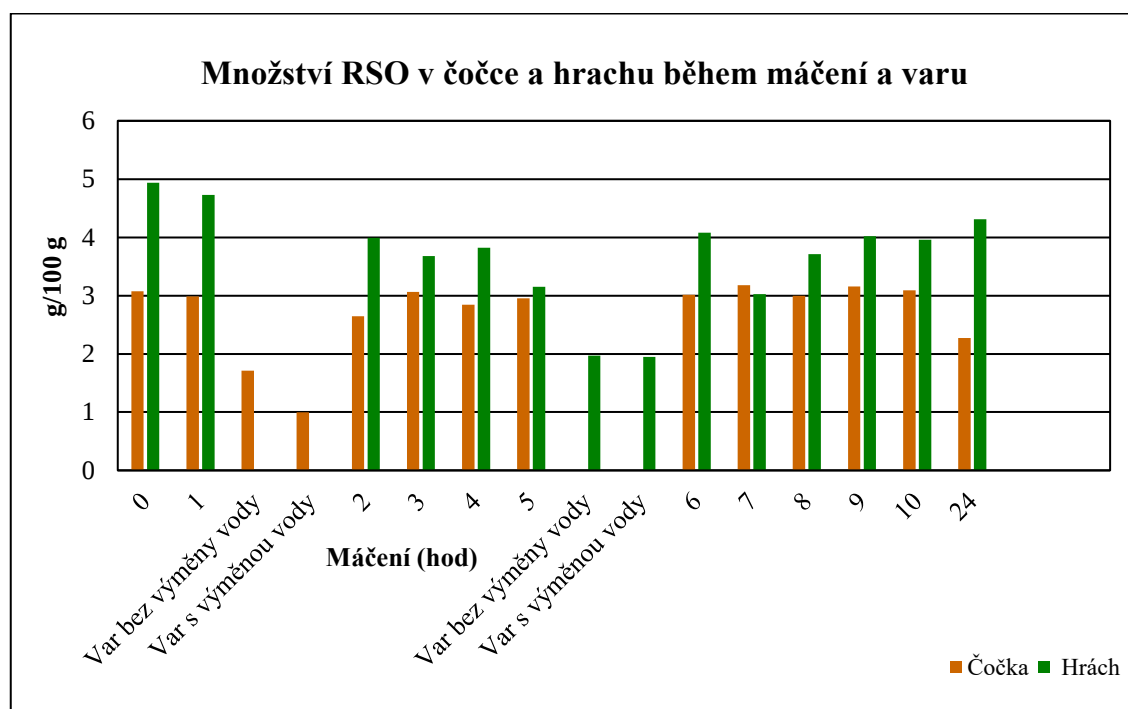
Yahia EM, Carrillo-López A, Bello-Perez LA. 2019. Carbohydrates. Pages 175-205 in Yahia EM, Carrillo-López A, editors. *Postharvest physiology and biochemistry of fruits and vegetables*. Woodhead Publishing, Faculty of Natural Sciences, Autonomous University of Queretaro, Mexico.

Yasmin A, Zeb A, Khalil AW, Paracha GMD, Khattak AB. 2008. Effect of processing on anti-nutritional factors of red kidney bean (*Phaseolus vulgaris*) grains. *Food and Bioprocess Technology* **1**: 415–419.

9 Seznam použitých zkratek a symbolů

AX	arabinoxylany
FOS	fruktooligosacharidy
GOS	galaktooligosacharidy
HDL	high density lipoprotein
IMO	isomaltooligosacharidy
ks	kus
LDL	low density lipoprotein
př.n.l.	před naším letopočtem
RSO	oligosacharidy rafinózové řady
spp.	<i>subspecies</i> , poddruh
tzv.	takzvaný
XOS	xylooligosacharidy

10 Samostatné přílohy



Graf 1: Množství RSO v čočce a hrachu během máčení a varu

Graf 1 zobrazuje obsah RSO v čočce a hrachu během máčení a varu s výměnou vody/bez výměny vody. U čočky měla výměna vody vliv na obsah RSO u hrachu nikoliv. Dle statistického vyhodnocení mezi vzorky čočky s výměnou vody a bez výměny vody byl zjištěn statisticky významný rozdíl ($P < 0,01$). Mezi vzorky u hrachu s výměnou a bez výměny vody nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl ($P \geq 0,05$).