

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

Uplatnění pícein jako alternativního zdroje proteinů

Bakalářská práce

Barbora Smetíková

Veřejná správa v zemědělství, rozvoji venkova a krajiny

prof. Ing. Josef Hakl Ph.D.

© 2024 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Uplatnění pícein jako alternativního zdroje proteinů" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 28. 4. 2024

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala prof. Ing. Josefu Haklovi Ph.D. za trpělivost, ochotu, odborné rady a čas který mi věnoval při vypracování této bakalářské práce.

Uplatnění pícein jako alternativního zdroje proteinů

Souhrn

Tato bakalářská práce se zabývá uplatněním pícein jako alternativního zdroje proteinů, což je v současné době velice důležité téma. Cílem práce bylo zmapovat aktuální možnosti uplatnění pícein jako zdroje proteinů namísto sójového šrotu do krmných směsí pro monogastry a využití i v lidské výživě. V práci bylo zhodnoceno využití základních pícein a také některých luskovin a dalších hospodářsky významných plodin. Bylo zjištěno, že píceiny i další hospodářsky významné plodiny mají potenciál se do budoucna stát lokálně pěstovaným zdrojem proteinů. Pro naše podmínky jsou významnými druhy pícein jetel plazivý, jetel luční, vojtěška setá a jílek vytrvalý, které jsou ceněny pro svůj vysoký obsah proteinů a adaptabilitu na místní podmínky. Protein z nich lze získávat pomocí různých technicko-chemických procesů jako např. biorafinérie, separace lístků a stonků a procesem mokré frakcionace. Bohužel v současné době se stále čelí problémům environmentální náročností této extrakce proteinů i nižší ekonomické efektivitě těchto procesů, proto je potřeba se tímto tématem dále zabývat.

Klíčová slova: píceiny, jeteloviny, biorafinérie, zdroj proteinu

Forages as alternative protein source

Summary

This bachelor thesis deals with the application of forage as an alternative source of proteins, which is currently a very important topic. The aim of the work was to map the current possibilities of using forages as a source of protein instead of soybean meal in feed mixtures for monogastric animals and use in human nutrition. The thesis evaluated the use of basic forage crops as well as some legumes and other economically important crops. It has been found that forages and other economically important crops have the potential to become a locally grown source of protein in the future. Important forage species for our conditions are white clover, red clover, alfalfa and perennial ryegrass, which are valued for their high protein content and adaptability to local conditions. Protein from them can be obtained using various technical-chemical processes such as biorefinery, leaf separation and wet fractionation. Unfortunately, at present the environmental demands of this protein extraction and the lower economic efficiency of these processes are still being faced, so it is necessary to deal with this topic further.

Keywords: forages, clovers, biorefinery, source of protein

Obsah

1 Úvod.....	8
2 Cíl práce	9
3 Světové problémy s proteiny	10
3.1 Dovoz sóji	10
3.1.1 Současná situace	10
3.1.2 Enviromentální dopady.....	11
3.1.2.1 Odlesňování a půdní stopa (LF)	11
3.1.2.2 Uhlíková stopa (CF)	12
3.2 Protein živočišného původu.....	12
4 Pícniny.....	13
4.1 Obecná charakteristika	13
4.2 Využití pícnin.....	13
4.2.1 TTP (trvalé travní porosty)	13
4.2.2 Pícniny v osevním postupu	13
4.2.3 Seno, senáž, siláž	14
4.3 Současné plochy pícnin v ČR	14
5 Proteiny	15
5.1 Obecná charakteristika	15
6 Protein z pícnin.....	15
6.1 Metody získávání.....	15
6.1.1 Biorafinérie	15
6.1.1.1 Lisování a frakcionace čerstvé píce.....	16
6.1.2 Separace listů a stonků pícnin.....	17
6.1.3 Mokrý frakcionace	18
6.1.4 Suchá frakcionace	18
6.1.4.1 Elektrostatická separace	19
6.2 Nejvhodnější pícniny pro ČR z hlediska proteinů	19
6.2.1 Proteiny z pícních porostů	19
6.2.1.1 Využití proteinů z píce	20
6.2.2 Hlavní pícní plodiny	21
6.2.2.1 Vlastnosti proteinů z hlavních pícních plodin.....	22
6.2.2.2 Hlavní pícní plodiny ve výživě hosp. zvířat	22
6.2.2.3 Hlavní pícní plodiny v potravinách	23

6.2.2.4	Využití ve zdravotnictví	24
6.3	Další plodiny bohaté na protein	24
6.3.1	Lupina	24
6.3.1.1	Protein z lupiny.....	24
6.3.1.2	Využití ve výživě hosp. zvířat	25
6.3.1.3	Využití v potravinách	25
6.3.1.4	Využití ve zdravotnictví	26
6.3.2	Hrách.....	26
6.3.2.1	Složení a hrachového proteinu	27
6.3.2.2	Využití ve výživě hosp. zvířat	27
6.3.2.3	Využití hrachového proteinu v potravinách	27
6.3.2.4	Využití ve farmacii	28
6.3.3	Vikev setá	28
6.3.3.1	Složení proteinu z vikve	28
6.3.4	Řepka	29
6.3.4.1	Protein z řepky.....	29
6.3.4.2	Využití ve výživě hosp. zvířat	29
6.3.5	Laskavec	30
6.3.5.1	Složení proteinu.....	30
6.3.5.2	Využití ve výživě hosp. zvířat	30
6.3.5.3	Využití v potravinách	31
6.3.5.4	Využití ve zdravotnictví	31
6.3.6	Lilek brambor	31
6.3.6.1	Protein z brambor	32
6.3.7	Len setý.....	32
6.3.7.1	Složení proteinu ze lnu	32
6.3.7.2	Využití v potravinách	33
6.3.7.3	Využití ve výživě hosp. zvířat	33
6.3.7.4	Využití ve zdravotnictví	33
7	Budoucnost proteinů v EU	34
8	Závěr.....	36
9	Seznam použité literatury.....	37
10	Seznam obrázků	46
11	Seznam příloh.....	I

1 Úvod

Na trhu s rostlinnými bílkovinami se nachází v současnosti na vrcholu sója, která je upřednostňovaná před ostatními plodinami, díky jejímu vysokému obsahu bílkovin, aminokyselin a celoroční dostupnosti. Klimatické podmínky Evropské unie však nejsou ideální pro pěstování této plodiny. Proto je EU v dnešní době závislá na jejím dovozu především z Brazílie a USA, který s sebou nese i problémy ve formě negativních dopadů na životní prostředí. Jedná se zejména o odlesňování v rámci získávání ploch, jejich následné znehodnocení a zanechávání uhlíkové stopy. Dalším negativem, které je potřeba zmínit, je neustále se cenově měnící nestabilní trh. V posledních letech cena sóji stoupala v souvislosti s měnící se klimatem, což má za následek menší úrodu této plodiny a k tomu doznívající světová krize po pandemii koronaviru. Existuje proto snaha zvyšovat proteinovou soběstačnost alternativními plodinami, jako jsou například píceňiny, které ale v současné době nejsou zatím pro trh atraktivní z důvodu jejich problematického využití mimo chov přežvýkavců. Jejich pěstování je ovšem výhodné, z pohledu ekosystémových služeb i jejich adaptability a nenáročnosti.

Rozvoj domácí produkce rostlinných bílkovin v EU může být pro zemědělce a producenty potravin a krmiv nejen ekonomicky přínosný, ale může přinést řadu výhod i pro životní prostředí.

2 Cíl práce

Cílem bakalářská práce je zmapovat aktuální možnosti uplatnění pícnin jako zdroje proteinů s různými možnostmi využití.

3 Světové problémy s proteiny

3.1 Dovoz sóji

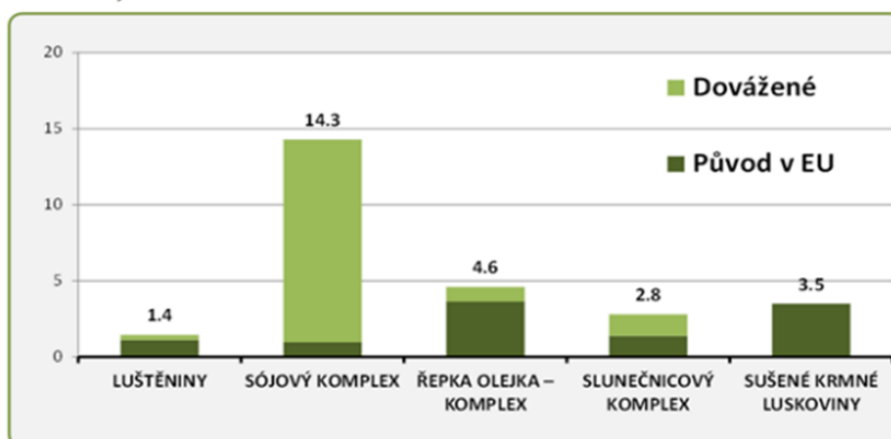
Světové odvětví živočišné výroby rychle roste, aby uspokojilo vysokou poptávku po mase a mléčných výrobcích, která se za posledních 50 let (tj. 1960–2010) zvýšila 1,5krát (Godfrey et al. 2010). V roce 2018 činila evropská populace hospodářských zvířat přibližně 333 milionů kusů (bez drůbeže) a zahrnovala 148 milionů prasat. EU má rozhodně silnou soběstačnost, pokud jde o produkci bílkovin pro lidskou spotřebu. EU je však do značné míry závislá na dovozu krmných surovin bohatých na bílkoviny, zejména sójových bobů a sójového šrotu, a to především kvůli velké závislosti monogastrických zvířat na sójovém šrotu (EUROSTAT 2020). Obecně platí, že produkce sójových bobů celosvětově roste, aby uspokojila silnou poptávku po sójových produktech, výrazně vedenou Čínou (da Silva et al. 2021). Produkce sójových bobů se zvyšuje také v Evropě, aby se snížila závislost na dovozu a pravděpodobné riziko kolísání cen (Evropská komise 2022).

V současné době roste větší zájem o ekologické zemědělství, ale stále představuje malé procento celkové produkce (Lemaire et al. 2014). V souladu s tím je využití sójového šrotu, který je nejběžnějším zdrojem bílkovin při konvenčním krmení monogastrických zvířat, povoleno pouze při ekologickém krmení hospodářských zvířat, pokud je vyrobeno z ekologických sójových bobů bez použití organických rozpouštědel (IFOAM 2020). Důvod, proč jsou sójové boby a zejména sójový šrot nejdůležitějším zdrojem bílkovin, spočívá ve vynikajícím aminokyselinovém profilu, který v současné době dělá ze sójového šrotu rostlinný proteinový produkt, který nejlépe odpovídá požadavkům zvířat. Produkce ekologických sójových bobů, které lze využít k výrobě ekologického sójového šrotu, představuje méně než 0,1 % celkové celosvětové produkce (Hartman et al. 2016). Dostupnost ekologických sójových bobů a ekologického sójového šrotu pro krmení zvířat je proto omezená (Lübeck & Fernández 2020).

3.1.1 Současná situace

Jak již bylo zmíněno v úvodu práce, sója je stěžejní surovinou, co se týče poptávky v EU na trhu s rostlinnými bílkovinami. Mezi roky 2016 a 2017 dosáhla poptávka po rostlinných bílkovinách v EU zhruba 27 milionů tun hrubé bílkoviny (viz. graf 1). Rozhodně nejdůležitější je trh s krmivem, který je převážně zásobován extrahovanými šrotami olejnatých semen. Sójová moučka je preferovanou ingrediencí ve složení krmné směsi, díky svému vysokému obsahu bílkovin (více než 40 %), obsahu aminokyselin a celoroční dostupnosti, což omezuje potřebu časté změny složení. Na trhu konvenčních krmných směsí jsou vyhlídky na růst a produkci rostlinných bílkovin pocházející z EU, omezené. Do EU se ročně dováží zhruba 17 milionů tun hrubých bílkovin, z čehož sója tvoří celých 13 milionů tun (Evropská komise 2022).

Graf 1 Používání bílkovin v EU v období 2016/2017 a jejich zdroje (v milionech tun hrubých bílkovin)



Zdroj: Komise EU. „Komplex“ zahrnuje moučku, semena a boby.

V návaznosti na zákaz zkrmování přežvýkavců živočišnými bílkovinami z roku 2001 a od reformy společné zemědělské politiky v roce 2013 se plocha pro pěstování sóji na půdě EU zdvojnásobila na téměř jeden milion hektarů, přičemž v roce 2018 vyprodukovala cca 2,8 milionu tun. Hlavními pěstiteli jsou Itálie, Francie a Rumunsko. Ovšem tato čísla jsou stále silně nedostačující pro potřeby zemědělců (Evropská komise 2022).

3.1.2 Enviromentální dopady

Environmentální dopady (stopy) jsou ukazatelem využívání přírodních zdrojů a překračování hranic spotřeby a výroby. V poslední době se ekologická stopa, vodní stopa (WF) a uhlíková stopa (CF) sloučila do "rodiny stop", s cílem porozumět lidskému přivlastňování půdy, vzduchu, a vody (Steen-Olsen et al. 2012).

V posledních letech ve světě roste povědomí o negativních enviromentálních dopadech na životní prostředí způsobené mezinárodním obchodem s potravinami. To s sebou přináší nátlak na šetrnější chování k životnímu prostředí a snahu o udržitelný rozvoj, což dále zdůrazňuje potřebu reakce na neudržitelné využívání potravin způsobené trhem se sójou (Bruckner et al. 2019). Největšími celosvětovými producenty sóji jsou USA a Brazílie. A právě tyto země díky intenzifikaci zemědělství a zvyšující se poptávky po sóje prošly největšími změnami. Výnos sóji a rozloha orné půdy se v obou zemích zvýšila v období od roku 1992 do roku 2013. Sója je vysévána v oblastech, které dříve měly několik různých typů krajinného pokryvu, zejména travní porosty a lesy (Lathuillière et al. 2014).

3.1.2.1 Odlesňování a půdní stopa (LF)

Odlesňování v Brazílii za účelem získání plochy pro pěstování sóji byla pozorována Karstensen a kol. (2013) pro roky 1990–2010 pomocí satelitních snímků Landsat z Brazílského národního institutu pro výzkum vesmíru (INPE). Ze snímků se zjistilo, že na celkovém odlesňování zaujímá odlesňování v rámci pěstování sóji 65%, což je zhruba 3,71 Mha (Karstensen et al 2013). To s sebou nese ohrožení na rozmanitost biodiversity a také dopady na změnu klimatu (Liu et al. 2021).

3.1.2.2 Uhlíková stopa (CF)

Odlesňování a rozvoj orné půdy na místech původní vegetace je jednou z hlavních příčin uvolňování oxidu uhličitého a dalších skleníkových plynů, vedoucí ke změně klimatu (Lambin a Meyfroidt, 2011). Je předpokládáno, že odlesňování probíhá z 70% vypalováním a 20% kácením. A právě vypalování má za následek vyšší uvolňování oxidu uhličitého a dalších plynů do ovzduší (Karstensen et al 2013).

Jako další sem můžeme započítat emise z techniky používané při produkci sóji: setí, hnojivo, aplikace pesticidů atd. (Lathuillière et al. 2014).

3.2 Protein živočišného původu

Bílkoviny z živočišných zdrojů jsou velmi oblíbené pro své nutriční a funkční vlastnosti. Jsou široce používány v průmyslu buď k výrobě jednoduchých potravinářských výrobků, jako je steak nebo mléko, s minimálními úpravami, nebo k výrobě formulovaných potravinářských výrobků, jako je jogurt nebo sýr. Z nutričního hlediska jsou živočišné bílkoviny ceněny pro vysokou kvalitu a stravitelnost a dobrou rovnováhu esenciálních aminokyselin nezbytných pro syntézu tělesných proteinů (Floret et al. 2023).

Živočišná výroba má však značný dopad na životní prostředí, přispívá k erozi půdy, znečištění vody, odlesňování, desertifikaci, produkci skleníkových plynů a globálnímu oteplování. Konzumace masa je také problémem veřejného zdraví, protože přispívá k chronickým onemocněním, včetně rakoviny, cukrovky a kardiovaskulárních onemocnění (Walker et al. 2005).

Na druhou stranu je zásadní zvýšit produkci bílkovin, aby byla uspokojena rostoucí poptávka v důsledku nárůstu světové populace a ekonomických a nutričních změn. Abychom uspokojili rostoucí poptávku po bílkovinách bez poškození životního prostředí, je zásadní studovat alternativní zdroje bílkovin, jako jsou rostliny, hmyz, řasy a houby. Vytváření nových potravin s využitím alternativních zdrojů bílkovin nebo nahrazení bílkovin z živočišných zdrojů ve standardních potravinách jsou možnosti, které je třeba prozkoumat (Henchion et al. 2017).

Předpokládá se, že celosvětová poptávka po bílkovinách vzroste do roku 2050 o ohromujících 50 %. S rostoucí světovou populací a zvyšující se poptávkou po bílkovinách živočišného původu, které stojí na vrcholu trhu s bílkovinami, byla zpochybněna udržitelnost zemědělských systémů. Proto se hledají i alternativy ve formě rostlinných bílkovin, které by mohly v potravinářském průmyslu nahradit živočišný protein. Jedním ze zdrojů pro získání rostlinného proteinu by mohly být právě píce (Nguyen et al. 2020).

4 Pícniny

4.1 Obecná charakteristika

Pícniny jsou různorodou skupinou rostlin, které se využívají pro produkci objemných krmiv pro hospodářská zvířata. Rozdělujeme je na dvě skupiny, to podle vytrvalosti tedy na jednoleté pícniny, kam řadíme rostliny z čeledi brukvovité (*Brassicaceae*), hvězdnicovité (*Asteraceae*) atd.. Druhou skupinou jsou pak víceleté pícniny, které na stanovištích zůstávají po dobu delší než jeden rok, což jsou zejména jeteloviny z čeledi bobovitých (*Fabaceae*) a trávy z čeledi lipnicovitých (*Poaceae*) (Fuksa et al. 2008).

4.2 Využití pícnin

4.2.1 TTP (trvalé travní porosty)

Trvalý travní porost je jako speciální kultura evidovaný v zemědělském půdním fondu. Může být přirozený (step), polopřirozený ovlivněný činností člověka (pastvina), nebo zcela umělý. Ten typicky vzniká zatrávněním původní orné půdy. Travní porosty hrají klíčovou roli v udržitelném zemědělství a ochraně životního prostředí. Jsou základem pro krmné směsi využívané pro hospodářská zvířata. K zkrmování hospodářských zvířat se využívá TTP, kde se namíchají trávy, jeteloviny a různé byliny, čímž vznikne ideální pastva. TTP přispívají k zachování biodiverzity, regulaci vodního cyklu a prevenci půdní eroze. Navíc estetický význam trvalých travních porostů z nich dělá významný krajinnotvorný prvek (Fuksa et al. 2008).

Trávy disponují vysokou regenerační schopností a schopností snášet zatěžování. Díky tomu se uplatňují v různých typech okrasných, sportovních, krajinných a technických trávníků nebo se dají pěstovat jako solitérní okrasné rostliny (Fuksa et al. 2008). Dále se dají využít jako jeden z obnovitelných zdrojů energie (Kamm et al. 2016).

4.2.2 Pícniny v osevním postupu

Osevní postup je plán postupného střídání plodin na zemědělské půdě. Je zásadní součástí udržitelného zemědělství. Jeho výhodou je, že umožňuje půdě odpočinout a obnovit živiny, které jsou nezbytné pro růst rostlin. Díky střídání různých typů plodin se také snižuje riziko šíření škůdců a chorob. Navíc, osevní postup může přispět k zvýšení biodiverzity a podpořit ekologickou rovnováhu v zemědělském prostředí. Zpravidla se střídají vždy plodiny náročné pro půdu, jako např. obilniny, a plodiny více příznivé pro půdu, jako např. jeteloviny (Dury et al. 2012).

V osevních postupech se stále zvyšuje význam víceletých pícnin jako složky pro zvyšování úrodnosti půdy, díky jejich vlastnostem. Disponují několika významnými vlastnostmi, zejména potom vojtěšky pěstované v nížinných oblastech mají vysokou výnosovou stabilitu, jetel luční může poskytovat i v chladnějších oblastech s chudšími půdami a kratší vegetační dobou prakticky stejné výnosy. Nezastupitelný význam mají víceleté pícniny, především jeteloviny, z hlediska celkové bilance dusíku v zemědělské výrobě (Crotty et al. 2016).

Spotřeba dusíku jetelovinami je poměrně vysoká. Ovšem jeteloviny disponují schopností si převážnou část dusíku (75-90%) ze vzduchu opatřit, díky symbióze s hlízkovými

bakteriemi na kořenech rostlin. Tyto bakterie jsou schopné poutat molekulární dusík a tím pádem není, až na výjimky, potřeba jeteloviny hnojit dusíkem. Další významnou vlastností je obohacování půdy o organickou hmotu (kořenový systém, zbytky strniště jetelovin). Jejich mohutný kořenový systém proniká do větších hloubek, provzdušňuje, prokypřuje půdu a uvolňuje méně přístupné živiny (Ca, Mg, P) o které půdu opět obohacuje (Entz et al. 2002).

4.2.3 Seno, senáž, siláž

Konzervace píce je klíčovým prvkem v zemědělství, který má přímý dopad na kvalitu a výživovou hodnotu krmiva pro hospodářská zvířata. Sušení, senáž a silážování jsou běžné metody konzervace, které umožňují uchování píce pro pozdější použití. Správně provedená konzervace zvyšuje stravitelnost a chutnost píce, což je zásadní pro udržení zdraví a produkční účinnosti zvířat. Naopak, nekvalitní konzervace může vést k významným ztrátám živin, což nutí zemědělce rozšiřovat pěstební plochy a zvyšuje náklady na výrobu krmiv. Proto je důležité pečlivě zvážit volbu konzervační metody a technologické postupy, aby byla zajištěna optimální kvalita a užitkovost píce pro hospodářská zvířata (Collins et al. 2017).

Seno z píce získáme jejím přirozeným sušením na slunci za příznivých klimatických podmínek. Je to nejlevnější způsob její konzervace, i když organizačně může být nejnáročnější. Silážování a senážování píce je konzervování čerstvé až silně zavadlé píce v anaerobním prostředí s pH 3,8 - 5,2 (Collins et al. 2017).

Výsledné seno či jakákoliv silážovaná píce se dále využívá jako krmení pro hospodářská zvířata. Ovšem to má i své omezení, jelikož dobře strávit objemná krmiva mohou jen zvířata patřící do skupiny přežvýkavců (např. kráva, koza, ovce, atd.), a to kvůli vysokému obsahu vlákniny. Další významné využití nachází při zimním příkrmování volně žijící lesní zvěře (Staněk 2023).

4.3 Současné plochy pícnin v ČR

Zemědělský půdní fond představoval k 31. 12. 2022 podle evidence katastru nemovitostí celkem 4 197 tis. ha, tj. 53,2 % z rozlohy státu. Dochází ke stálému snižování výměry zemědělského půdního fondu v ČR. Meziroční úbytek ZPF v roce 2022 souvisí podle ČÚZK především ve snížení výměry orné půdy o 11 247 ha, což je úbytek vyšší o 1 479 ha oproti roku 2021. Ubývání orné půdy oproti loňskému roku se opět zrychlilo. Orná půda přechází nejvíce do trvalých travních porostů, zahrad a lesní půdy, rozšířila se i vodní plocha. Výměra ploch trvalých travních porostů se zvýšila o 6 270 ha, tedy o 369 ha více než v roce 2021 a jejich výměra se od roku 1990 neustále zvyšuje (Ústav zemědělské ekonomiky a informací 2022).

Plochy pícnin na orné půdě neustále klesají. Výrazný propad mezi rokem 1980 a 2013 je patrný u jetele lučního a vojtěšky seté. Naopak v posledních letech dochází v souvislosti s rozvojem bioplynových stanic k navýšení ploch kukuřice na siláž (Skládanka et al. 2014).

5 Proteiny

5.1 Obecná charakteristika

Proteiny jsou základním stavebním kamenem každého živého organismu. Skládají z polypeptidů, které jsou tvořeny řetězy aminokyselin spojených peptidovou vazbou. Každá aminokyselina plní jinou a zásadní roli ve fungování organismu. Proteiny plní spoustu důležitých funkcí: stavební (kolagen, elastin, keratin), transportní a skladovací (hemoglobin, transferin), katalytickou (různé enzymy, hormony, ...) a ochrannou (imunoglobulin, fibrin, ...) (Sá et al. 2020).

Proteiny z rostlin můžeme rozdělit na dvě skupiny: na proteiny z listů a proteiny ze semen. V listech najdeme dvě hlavní skupiny rozpustných proteinů, konkrétně chloroplastické a cytoplasmatické. Chloroplastický protein je převážně složen z enzymů Rubisco, které činí až 50% z celkového proteinu extrahovaného z listů. Právě enzym Rubisco je zodpovědný za vázání oxidu uhličitého z atmosféry a jeho uložení do rostlin. Toho se využívá dále při procesech biorafinérií (viz.kap.6.1.1). Cytoplasmatické proteiny jsou heterogenní kombinace proteinů (strukturních proteinů nebo enzymů) jak z chloroplastu, tak z cytoplazmy. Představují asi 25 % celkového proteinu (Alzueta et al. 2001).

6 Protein z píce

V chladnějších vlhkých oblastech jsou jako základní pícniny uznávány plodiny s vysokým obsahem bílkovin a mají potenciál být lokálně pěstovaným udržitelným zdrojem bílkovin. Bez dalšího zpracování však protein nemůže být správně využit monogastry, jejichž výživa je v současnosti závislá na jaderných krmivech (Pappendiek et al. 2016).

Základní pícniny, jako je jetel bílý, jetel luční, vojtěška a jilek vytrvalý mají výborné aminokyselinové složení, včetně AK obsahující síru (methionin a cystein) a lysin, které je srovnatelné s běžnými rostlinnými bílkovinami, jako je např. sójový protein. Nejvíce proteinu se nachází v jejich listech (Damborg et al. 2020).

Získáváním proteinů z pícnin se zabývají četné studie. V této kapitole jsem vybrala pro mou bakalářskou práci ty nejzajímavější a nejvíce relevantní.

6.1 Metody získávání

6.1.1 Biorafinérie

Biorafinérie představují klíčový prvek v rozvoji udržitelného hospodářství, které se zaměřuje na efektivní využití biomasy. Tyto zařízení umožňují přeměnu organického materiálu na širokou škálu produktů, od chemikálií až po energie, čímž nahrazují produkty získávané z neobnovitelných zdrojů, jako je např. ropa. Zelené biorafinérie, které využívají rostlinnou biomasu, jsou zvláště významné díky svému šetrnému přístupu k životnímu prostředí a schopnosti zpracovávat i komunální a průmyslové bioodpady. Vzhledem k očekávanému

vyčerpání zásob ropy a rostoucí světové populaci se biorafinérie stávají stále důležitějšími pro budoucí energetickou a materiálovou soběstačnost. (Kamm et al. 2016).

Píce je bohatá na enzym Rubisco. Extrakce bílkovin z pícnin, jako je vojtěška, jetel nebo tráva, je proto potenciálním zdrojem pro výrobu koncentrátů listových bílkovin, které lze využít jako krmivo nebo potravinu, ale také hydrolyzovat na aminokyseliny pro kosmetický nebo farmaceutický průmysl, což je jedním z cílů zpracování biomasy v zelených biorafinériích (Grácio et al. 2023). Dále by se díky zeleným biorafinériím našlo alternativní využití pro trvalé travní porosty, které jsou v Evropě široce dostupné, ale v důsledku restrukturalizace zemědělství a omezení chovu hospodářských zvířat jsou stále méně často využívány. Také by to přispělo k většímu zájmu pěstovat pícniny na orné půdě (Santamaría-Fernández et al. 2019).

Koncept zelených biorafinérií je založený na využití extrahovaných uhlíkových molekul z rostlin. Skládá z primárního mechanického frakcionačního kroku (šroubový lis), při kterém vzniká lisovaná šťáva a tzv. výlisky. Šťáva se skládá z buněčného obsahu včetně bílkovin, ve vodě rozpustných sacharidů, minerálů, organických kyselin atd., zatímco výlisky se skládají hlavně z rostlinné buněčné stěny, která zahrnuje celulózu, hemicelulózu a lignin. Získané bílkoviny ze šťávy lze využít i přímo pro krmení monogastrů (Solati et al. 2018).

6.1.1.1 Lisování a frakcionace čerstvé píce

První krok při biorafinérii dělí rostlinný materiál na dvě frakce; kapalná frakce nazývaná zelená šťáva a pevná vláknitá frakce, tzv. výlisky. Většina rozpustných bílkovin se nachází v zelené šťávě, zatímco výlisky stále obsahují velký podíl bílkovin vázaných na buněčnou stěnu. Výlisky mohou být použity jako zdroj krmiva pro přežvýkavce přímo, zatímco zelená šťáva obsahující vysoké koncentrace vody, minerálů, polyfenoloxidáz a dalších nutričních faktorů není vhodná pro přímou aplikaci do krmiv monogastrů. Pro monogastry se tedy doporučuje vysrážení rozpustného proteinu v zelené šťávě do proteinového koncentráту (Domborg et al. 2020).

Až dosud se četné studie zaměřovaly převážně na výtěžnost a koncentraci proteinových frakcí se zaměřením na monogastrickou aplikaci krmiva, zatímco výliskům a hmotnostní bilanci a distribuci bílkovin mezi frakcemi byla věnována jen omezená pozornost. Tyto informace by měly být považovány za vysoce relevantní, aby bylo možné posoudit potenciální hodnotu zpracovaných pícnin jako zdrojů bílkovin jak pro monogastry tak pro přežvýkavce (Chiesa & Gnansounou 2011).

Při analýze chemického složení vyráběných frakcí a distribuci hmotnostní bilance bílkovin a sušiny mezi frakcemi byla biomasa sklizena s výškou strniště 7–10 cm ve třech různých fázích, což zaručuje velkou variabilitu ve vývojové fázi při sklizni, koncentraci bílkovin a rostlinných druzích. 2-5 kg bylo získáno z každé ze tří sklizní jetele plazivého, jetele lučního, vojtěšky a jílku vytrvalého, které byly vypěstovány na experimentální farmě Aarhuské univerzity. Sklizené rostliny následně byly až do zpracování zmrazeny při teplotě $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Zmražený rostlinný materiál byl přes noc rozmražen při teplotě $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a před zpracováním vytríděn tak, aby se odstranily cizí úlomky rostlin, zvadlé úlomky atd. Poté byl rostlinný materiál vložen za pokojové teploty do lisu.

Schematický přehled procesu extrakce a vysrážení bílkovin z rostlinného materiálu. Metoda extrakce zelené šťávy je identická, ale vysrážení bílkovin ze šťávy se provádí buď dvoustupňovým srážením teplem (a) nebo kyselým srážením (b).

Výsledky ukazují, že koncentrace hrubého proteinu jetelovin a jílku vytrvalého závisí do značné míry na podmínkách pěstování, stupni zralosti, koncentraci sušiny a zejména u trav na hnojení N, což se v této studii v souladu s předchozími už zkoumanými hodnotami potvrdilo. Nejvyšší hodnoty obsahu proteinu, měly vojtěška a jetel plazivý. Tyto dvě pícniny vynikaly i nejlepším poměrem sušiny k celkovému obsahu proteinu a také nejsou tak náročné na hnojení dusíkem.

Pro optimální využití živin monogastry je nezbytné oddělení bílkovin zadržovaných ve vláknině a rozpustných bílkovin, aby se rostliny mohly stát zdrojem bílkovin pro prasata a drůbež. Důležité je, že při výrobě monogastrického krmného proteinu ze zelené šťávy vznikají výlisky, které by mohly být zajímavou složkou krmiva pro přežvýkavce (Damborg et al. 2020).

6.1.2 Separace listů a stonků pícnin

V rámci ekologického zemědělství je důležité hledat nová inovativní řešení, která podporují udržitelnost systému a soběstačnost. Vývoj technologie pro separaci listů z usušené píce je příkladem takové inovace, která může významně přispět ke zlepšení kvality krmiva a využití zdrojů na farmách. Tato technologie umožňuje oddělit listy bohaté na proteiny a další živiny od stonků, které nedisponují takovými výživovými hodnotami (Hakl et al. 2021).

Biofarma Sasov se rozhodla zavést tuto technologii za podpory Evropským zemědělským fondem pro rozvoj venkova. Zaměřila se na získání proteinů z vojtěškových porostů. Na poli jsou válcové balíky vojtěšky o průměru 120 cm lisovány při sušině 40%. Následně jsou na sušárně dva až tři dny dosušovány, přičemž se jejich hmotnost sníží z cca 650 kg na 150 kg. Následné seno je poté usušené na vlhkost pod 10 %, což s sebou nese riziko odrolení listů. Před samotným procesem separace je nezbytné rozdružit usušené balíky. Tento krok je klíčový pro hladké a efektivní oddělení jednotlivých frakcí. Technické řešení separace je zásadní pro kvalitu a ekonomickou efektivitu tohoto procesu. V současné době neexistuje perfektní technické řešení separace. Na biofarmě Sasov byla vybudována linka na třídění suché píce s následnou separací lístků a stonků na síťovém třídíči, která je zobrazena na obrázku 3. Linka také zahrnuje granulaci produktů, dopravní cesty, mezizásobníky a míchací a expediční zařízení. Linka se tedy skládá z rozdružovače balíků HZ 1300 včetně vkládacího pásu, kam se vkládají balíky, které jsou následně pomocí rotujících fréz rozdružovače rozřezány na velikost definovanou výměnným sítem. Pás dopravuje píci dále do separátoru lístků a stonků AGSEP. Zde se pomocí kmitající soustavy síťových rámců separují stonky a lístky. Separované frakce se následně na pásech dostávají do tvarovacího zařízení MGL 400. Sem se dostávají frakce s vysokým obsahem lístků, které jsou následně pomocí řezacího šrotovníku šrotovány a následně peletovány. Frakce s vysokým obsahem stonků jsou ze separátoru dopraveny do tvarovacího zařízení MGL 1000, kde probíhají stejné procesy jako v tvarovacím zařízení MGL 400 (Hakl et al. 2021).

a fragmenty oddělí na základě velikosti, hustoty nebo obojího, pomocí vzduchového třídění (Schutyser et al. 2015)

Teoreticky je maximální obsah bílkovin, kterého lze dosáhnout třídění vzduchem, skutečný obsah bílkovin v bílkovinných tělískách (73 g bílkovin / 100 g sušiny), což znamená, že stále existuje prostor pro zvýšení obsahu bílkovin ve frakcích získaných vzduchovým tříděním. Očekává se, že zlepšení bude dosaženo přidáním předúprav nebo následných úprav do procesu separace. V současné době jsou uvažovány dva hlavní typy úprav, a to: oslabení buněčné struktury zvlhčením nebo zmrazením a odstranění specifických složek ze semene (Pelgrom et al. 2015).

6.1.4.1 Elektrostatická separace

Pro zlepšení účinnosti separace rostlinných bílkovin byla vyvinuta nová metoda suché separace, elektrostatická separace. Tato metoda separace je založena na různých triboelektrických vlastnostech různých složek rostlin. Triboelektrický jev je typ kontaktní elektrifikace, při které určité materiály získávají elektrický náboj poté, co přijdou třením do kontaktu s jiným materiálem. Po triboelektrickém nabití se částice s různými náboji, polaritami a velikostmi oddělí, pokud jsou vystaveny elektrickému poli (Pojić et al. 2018).

Existují tři hlavní typy elektrostatických separátorů založených na metodách používaných k předávání povrchového náboje, jmenovitě indukční nabíjení, korónový výboj a tribonabíjení. Rostlinné částice s malou velikostí a podobnou elektrickou vodivostí získané po rozmělnění by byly neúčinněji separovány pomocí tribonabíjecího separátoru. Typický vertikální tribo-elektrostatický separátor se obvykle skládá z podávacích, nabíjecích, separačních a sběrných zón. Zatímco je mletá mouka unášena proudem vzduchu z podávacího systému do potrubní tribonabíjecí jednotky, naráží na vnitřní stěnu potrubí nebo jiné částice a nabíjí se různou polaritou různé velikosti. Když tyto nabitě částice vstoupí do separační komory, jsou vychýleny různými trajektoriemi pohybu v důsledku elektrického pole generovaného dvěma vysokonapěťovými elektrodami; Tím je dosaženo oddělení různých složek (Khazaei et al. 2019).

Elektrostatickou separací se z rostlin získají proteinové koncentráty se střední čistotou, protože spolu s proteiny se shromažďuje několik dalších složek. Její výhody jsou v mechanické jednoduchosti a nízké zátěži na životní prostředí. Předúprava suroviny a fáze tribonabíjení, separace a konečného sběru ovlivňují účinnost separace rostlinných proteinů. Kromě toho lze elektrostatickou separací použít ve spojení s jinými separačními metodami pro další zlepšení účinnosti. Ačkoli si proteiny získané elektrostatickou separací zachovávají svou přirozenou strukturu, mohou obsahovat smíšené složky, jako jsou např. sacharidy, které mají negativní vliv na vlastnosti proteinů (Zhu et al. 2021).

6.2 Nejvhodnější píce pro ČR z hlediska proteinů

6.2.1 Proteiny z pícních porostů

Pícní porosty, složené převážně z jeteloviny a trav, mají potenciál stát se lokálně pěstovaným a udržitelným zdrojem energie a proteinů pro hospodářská zvířata, aby uspokojily rostoucí poptávku po živočišných bílkovinách na celém světě. Rozpustný protein z jetele bílého,

jetele lučního, vojtěšky a jílku vytrvalého lze extrahovat a použít jako doplněk proteinů pro monogastry a zanechat značné množství výlisků bohaté na vlákninu, kterou lze použít pro krmení přežvýkavců. Tento protein lze získat z biorafinérií. Problém může být u druhově bohatých travních porostů kvůli příměsi nežádoucích látek (Solati et al. 2018).

Obsah hrubých proteinů v extrahovaném proteinu travních porostů byl 36,2 % sušiny s vyšším obsahem methioninu, ale nižším obsahem lysinu a celkových aminokyselin obsahujících síru než v sóji. Zbytky nerozpustné v kyselinách tvořily hlavní část obsahu vlákniny a velká část celkového proteinu byla vázána v této frakci. Kyselina alfa-linolenová byla dominantní mastnou kyselinou v extrahovaném proteinu (Lüscher et al. 2014).

Nejbohatší na protein by byl travní porost složený převážně z jetele plazivého (*Trifolium repens*), jetele lučního (*Trifolium pratense*), vojtěšky seté (*Medicago sativa*) a jílku vytrvalého (*Lolium perenne*) (Finn et al. 2013).

6.2.1.1 Využití proteinů z píce

První dánský krmný experiment byl proveden Stødkilde et al. (2020) s ekologickými brojlerými krmnými relativně nízkým obsahem hrubých bílkovin obsahující koncentrát s pouhými 36 %. Tímto proteinovým koncentrátem bylo možné nahradit 8 % stravy, především sójového šrotu, (13 %) proteinovým koncentrátem extrahovaným z ekologické plodiny jetele lučního, aniž by to ovlivnilo růstovou výkonnost. Větší podíl však omezoval příjem krmiva a rychlost růstu kvůli nízkému obsahu bílkovin a tomu odpovídajícímu vysokému obsahu nerozpustné vlákniny v proteinovém extraktu, která je z velké části nestravitelná.

V jejich dalším experimentu Stødkilde et al. (2020) zjistili, že v krmivech pro ekologické brojlerky, vysoké množství bílkovinného extraktu z jetele lučního v krmivu snížilo užitečnost. Při 8% zařazení to však neovlivnilo příjem krmiva a porážkovou hmotnost. Obsah n-3 PUFA v prsním masu se zvýšil při nahrazení tradičních krmných složek bílkovinným extraktem z jetele, ale zřejmě také zvýšil potřebu antioxidantů.

Jørgensen et al. (2022) provedli dva krmné experimenty s prasaty v růstu a výkrmu bílkovinným koncentrátem obsahujícím 46 % a 56 % bílkovin. Oba proteinové koncentráty vykazovaly vyvážené aminokyselinové složení. Obsah lysinu byl o něco nižší než u sóji, ale obsah většiny ostatních esenciálních aminokyselin byl vyšší. S těmito koncentráty prasata podávala stejné výkony. Krmivo s proteinem z jetele lučního stále zajišťovala podobnou úroveň příjmu krmiva, růstu a využití krmiva jako kontrolní skupině se sójovým šrotem jako dominantním zdrojem bílkovin. V obou experimentech bylo dosaženo denního přírůstku hmotnosti nad 1000 g.

Dosud byly publikovány pouze výsledky několika krmných experimentů s kravami ((Kragbæk Damborg et al. 2019); (Savonen et al. 2020); (Sousa et al. 2022)). V těchto studiích se krávy krmily siláží s výlisky frakcionace. Damborg et al. (2019) prokázali zvýšenou produkci mléka u dojnic, zatímco v experimentu Savonen et al. (2020) měla produkce mléka tendenci klesat a v experimentu Sousa et al. (2022) se produkce mléka snížila. Kromě toho

příjem krmiva buď nebyl ovlivněn (Damborg et al., 2019; Sousa et al., 2022) nebo se zvýšila při střední míře jeho spotřeba (Savonen et al., 2020).

V různých druzích rostlin (trávy, jeteloviny, vojtěška, atd.) jsou přítomny antinutriční faktory, které je třeba v každém konkrétním případě kvantifikovat, protože se mohou koncentrovat v proteinové frakci a ovlivňovat biologickou dostupnost živin. Jakýkoli nový proteinový produkt vyrobený z vojtěšky, jetele nebo trávy musí být schválen úřadem EFSA, než může být protein použit v potravinářských výrobcích v EU (Møller et al. 2021).

6.2.2 Hlavní pícní plodiny

Vojtěška setá (*Medicago sativa*) je fialově až modrofialově kvetoucí bylina náležící do čeledi bobovité (*Fabaceae*). Pochází z teplejších oblastí mírného pásma. Pěstuje se jako krmná plodina pro zvířata již od dob starověkého Řecka a Říma. V současné době mají v Evropě velký význam víceleté a vícesečné vojtěšky, protože mají hluboký kořenový systém schopný extrahovat vodu a živiny z hlubokých vrstev půdy. Vojtěška se sklízí třikrát, čtyřikrát nebo někdy pětkrát až šestkrát ročně. Mladé intenzivně sečené rostliny mají nejvyšší nutriční hodnotu (Bouton 2012). Kromě bílkovin, minerálů a vitamínů obsahuje vojtěška také sekundární metabolity, které mají fytobiotickou aktivitu u lidí a zvířat (Gaweł et al. 2017).

Vojtěška se sklízí již téměř 2000 let a používá se především k poskytování bílkovin hospodářským zvířatům s příznivým vlivem na jejich mléčnou užitkovost a složení (Firdaus et al., 2017). Vojtěška je důležitým zdrojem bílkovin pro hospodářská zvířata díky své dobré nutriční hodnotě a chutnosti, stejně jako toleranci vůči extrémnímu klimatu. Navíc absorbance některých minerálů, jako je draslík je u skotu vyšší z vojtěšky (89 %), než z obilovin (74–83 %) (Ferreira et al. 2015).

Jetel plazivý (*Trifolium repens*), je plazivá bíle kvetoucí bylina patřící do čeledi bobovitých (*Fabaceae*). Je nejdůležitější jetelovinou na pastvinách. Má vysokou nutriční hodnotu a je velmi chutný pro přežvýkavce. Používá se především jako složka jetelotravních směsí. Nepěstuje se v monokultuře, jelikož je náročné udržováním tohoto porostu bez plevelu, má nižší roční produkci a krátké vegetační období (Frame & Newbould 1986).

Jetel luční (*Trifolium pratense*), růžově kvetoucí vytrvalá bylina řadící se do čeledi bobovitých (*Fabaceae*). Je významnou jetelovinou pro vlhké a chladné oblasti, kde je využit jak v monokulturách tak v jetelotravních směsích. Oproti vojtěšce má nižší suchovzdornost a vyšší nároky na vláhu (Hakl et al. 2021). Jetel luční se umí přizpůsobit široké škále půdních typů, úrovní pH a podmínek prostředí. Tato schopnost se přizpůsobit z něho dělá hojně užívanou jetelovinu pro seno, siláž, pastviny většinou oblastí světa s mírnými klimatickými podmínkami (Taylor & Smith 1980).

Jílek vytrvalý (*Lolium perenne*) je druh trávy patřící do čeledi lipnicovitých (*Poaceae*). Stal se nejrozšířenější vysévanou trávou v mírných oblastech díky jeho vysoké stravitelnosti. Je známý svou odolností a běžně se používá na pastvinách a trávnicích. Má hluboký kořenový systém, který mu pomáhá odolávat různým podmínkám prostředí. Jílek vytrvalý také hraje významnou roli při stabilizaci půdy a protierozní ochraně (Wilkins 1991).

6.2.2.1 Vlastnosti proteinů z hlavních pícních plodin

Chemické složení a hodnota biomasy vojtěšky jsou ovlivněny mnoha faktory, včetně podmínek stanoviště, počasí, některých agronomickým opatření, termínem první seče, frekvence sečení a genetické variability odrůd vojtěšky (Hadidi et al. 2023).

Vojtěška obsahuje 17-22% celkových proteinů, který je bohatý na neesenciální aminokyseliny, nasycené mastné kyseliny (palmitová, stearová), mononenasyčené (kyselina olejová), polynenasycené (linolová, linolenová) mastné kyseliny, vitamín A (β -karoten), B1, B2, B3 (PP), B5, B6, B8, B9, B12, C, D, E, K, U a minerály: Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, P, K, Zn a Si. Organické kyseliny: jablečná a fumarová (Gaweł 2012). Listy vojtěšky jsou bohaté na protein RuBisCo. Tento protein je rostlinný metabolický enzym, který přeměňuje oxid uhličitý z biosféry na organický uhlík v kroku Calvinova cyklu (Spreitzer & Salvucci 2002).

Jetel plazivý a jetel luční patří mezi hlavní druhy používané pro pastvu a výrobu siláže. Obsah hrubých proteinů v obou jetelech se pohybuje mezi 15 a 30 % sušiny v závislosti na ročním období (jaro/léto) sklizně. Ukázalo se také, že výnos proteinů a výnos extrahovaných bílkovin klesá se stárnutím rostlin. Rozpustný protein pochází hlavně z fotosyntetického enzymu RuBisCo. Celkový obsah proteinů a obecné chemické složení se může dále lišit například v závislosti na fázi růstu a podmínkách a dále závisí na metodách extrakce a zpracování (Amer et al. 2021).

6.2.2.2 Hlavní pícní plodiny ve výživě hosp. zvířat

Ve studii Sommer & Sundrum (2012) byly zkoumány rostliny vojtěšky seté, jetele lučního, jetele plazivého. Byly odebrány vzorky ze tří termínů seči za rok ve třech různých lokalitách. Celkem se získalo 90 vzorků. Po sklizni byly vzorky vysušeny v sušárně a poté byly odděleny listy. Výsledky ukázaly, že listy všech zkoumaných druhů obsahovaly signifikantně vyšší obsah hrubého proteinu ve srovnání se zbytkem rostliny. Nejvyšší obsah proteinu měla vojtěška. Výsledky naznačují, že oddělení listové hmoty od stonků nabízí domácí zdroj esenciálních aminokyselin. Použití listové hmoty jetelovin může být alternativou zejména při ekologickém monogastrickém krmení. V další studii aplikovali Santamaría-Fernández et al. (2017) novou metodu rafinace pomocí mléčného kvašení na jetel luční (*Trifolium pratense*), jetelotravní směs (směs *Trifolium pratense* a *Lolium multiflorum*), vojtěšku setou (*Medicago sativa*) a ředkev setou (*Raphanus sativus*). Výsledky ukazují, že bylo možné vyrobit až 13 kg suchého organického proteinového produktu na tunu lučního jetele a vojtěšky, což je nejvíce ze všech zkoumaných rostlin. Tento suchý bioprodukt obsahoval až 46 % hrubého proteinu a vyvážený aminokyselinový profil, srovnatelný se sójovými boby. Kromě toho může přítomnost kyseliny mléčné v proteinovém produktu zvýšit jejich hodnotu.

Vojtěškový proteinový koncentrát zvyšuje tělesnou hmotnost zvířat, přírůstek svalové hmoty, podíl mono- a polynenasycených mastných kyselin, zvyšuje odolnost vůči nemocem, stimuluje imunologický systém zvířat (Hadidi et al. 2023). Neméně důležité je také snížení hladiny cholesterolu a spotřeby krmiva, jakož i zlepšení hematologických ukazatelů, které přináší použití koncentráту vojtěšky v krmivech. Zahrnutí tohoto koncentrátu do stravy zvířat

také přispívá k lepšímu vstřebávání živin z krmiva. Ekologický přínos vojtěškového koncentrátu spočívá v tom, že zvířata uvolňují méně dusíkatých sloučenin a méně metanu. Spolu s tím se zlepšuje kvalita a chutnost masných výrobků (Gaweł & Grzelak 2014).

V krmivu pro dospělé kuřata, když bylo 50–100 % rybí moučky nahrazeno proteinem listů vojtěšky, nebyla ovlivněna produkce vajec a kvalita vajec se zlepšila; U krmiva pro kuřata mohl protein listů vojtěšky nahradit 50–75 % rybí moučky a míra přežití byla podpořena o 3,4–4,2 % (Xie et al. 2008). V krmivu pro brojlerová kuřata, kdy bylo 7,4–11,8 % živočišných bílkovin v krmivu nahrazeno proteinem listů vojtěšky, se průměrná hmotnost zvýšila o 4–11,8 % (SINGH 1984). Kromě toho je krmná hodnota listového proteinu vojtěšky v krmivu pro prasata blízká hodnotě sóji. Obecně platí, že protein listů vojtěšky může zlepšit kvalitu živočišných produktů, snížit míru spotřeby krmiva a zvýšit míru konverze krmiva (Zhang et al. 2017).

V pokusu provedeném Stødkilde et al. (2018) byly stonek a listy jetele plazivého zpracovány pomocí šroubového lisu, výsledkem byly výlisky a šťáva, ze které se vysrážely proteiny. V experimentu s rostoucími potkany bylo stanoveno chemické složení všech frakcí a hodnocena stravitelnost sušiny a proteinů. Byla zjištěna vysoká stravitelnost proteinů bez ohledu na fyzikální frakcionaci. Spolu s vyváženým složením aminokyselin je jetel plazivý slibným zdrojem bílkovin pro monogastry.

Ve studii Ravindran et al. (2021) hodnotili protein z jílku vytrvalého získaný biorafinérií jako alternativu proteinového koncentrátu v ekologickém chovu prasat. Proteinový koncentrát byl srovnatelný se sójovým šrotem. Celkově byly výsledky studie poměrně slibné a svědčí o potenciálu biorafinovaného proteinu jílku vytrvalého jako udržitelného zdroje bílkovin pro receptury krmiv pro prasata. Další studie o přidávání tohoto proteinu do krmiv pro prasata mohou zahrnovat produkční užitkovost, ideální stravitelnost atd., aby se dále doložilo užití proteinů trávy jako potenciálního zdroje krmných proteinů.

6.2.2.3 Hlavní pícní plodiny v potravinách

Ve 40. letech 20. století se v Británii extrahovaly proteiny listů z vojtěšky k přímé konzumaci (Edible Alfalfa Leaves Protein, označovaný jako EALP). EALP obsahuje různé aminokyseliny a jejich obsah se blíží standardům živočišných bílkovin a kuřecích bílkovin. (Zhang et al. 2017) V roce 1962 vědci poprvé použili EALP pro testy lidské spotřeby a výsledky ukázaly, že EALP má podobnou biologickou hodnotu jako mléko a po jeho užití se zlepšila výška, hmotnost a krevní parametry u dětí (SINGH 1984). Extrakt z listů vojtěšky obohacený o vitamín C lze použít v lidské výživě jako doplněk stravy ke zvýšení odolnosti organismu a zvýšení množství hemoglobinu v krvi. Může být použit k obohacení správné střevní mikroflóry, zmírnění gastrointestinálních poruch a anémie způsobené nedostatkem železa. Může také omezit průjem a zlepšit náladu. Je vhodný pro dlouhodobé užívání, protože nevykazuje nepříznivé účinky na lidský organismus (Gaweł 2012).

Již zmíněný protein RuBisCo byl jako potravinářská přídatná látka byl testován, většinou jako proteinová přísada do potravin, a to pomocí několika potravinářských matic. Za zmínku stojí, že izolovaný RuBisCO produkovaný společností GreenProteins byl úspěšně

použit jako proteinová přísada do pšeničného těsta s vynikajícími výsledky (Ducrocq et al. 2020).

6.2.2.4 Využití ve zdravotnictví

Protein z vojtěšky pomáhá zlepšit zdravotní stav lidí po chemoterapii radioterapii a pacientů s HIV. Předklinické studie na lidech naznačují možnost použití vojtěšky v boji proti podvýživě, hladomoru a ischemickým onemocněním trávicího traktu v rozvojových zemích afrického kontinentu, v Jižní Americe a Indii (Gawel 2012). Kromě toho je vojtěšková šťáva bohatá na nenasycené mastné kyseliny, které mají významný vliv na snižování cholesterolu (Xie et al. 2008). Díky vysokému obsahu vitamínů (A, E a K) a minerálních prvků (železo, hořčík, vápník, zinek a měď), slouží také jako důležitá zdravá potravina (Zhang et al. 2017).

Účinky jetele lučního zkoumali ve své studii Campbell et al. (2004). Zjistili, že jetel luční má pozitivní účinky na hladinu cholesterolu a mohl by hrát důležitou roli v prevenci rakoviny prsu. To musí být ale dále přezkoumáno. V jiné studii zjišťovali (Geller & Studee 2006) vliv isoflavonů nacházejících se v sóje a jetelu lučním na člověka. Výzkum naznačuje, že isoflavony mají malý, ale pozitivní vliv na zdraví. Zlepšují koncentrace lipidů v plazmě, hustotu kostní hmoty a kognitivní schopnosti. Autoři konstatují, že zahrnutí sóji a lučního jetele do stravy žen po menopauze, nehledě na alergii na sóju, by mohlo být prospěšné.

6.3 Další plodiny bohaté na protein

V rámci této práce jsou zde zmíněny další rostliny využitelné jako zdroje proteinů, především ve formě jejich semen. Luštěniny, jako jsou boby, hrách a lupina, mohou růst v mírném podnebí a mohly by zvýšit množství místně pěstovaných zdrojů bílkovin pro drůbež, ale obsah methioninu a cysteinu, které jsou pro drůbež nezbytné, je ve srovnání se sójovými boby stále nedostačující. Je proto potřeba dalších studií a experimentů (Pettersen 2000).

6.3.1 Lupina

Lupina je rod rostlin z čeledi bobovitých (*Fabaceae*). Lupiny jsou bílé až modře kvetoucí byliny s dlanitě složenými listy a květy v koncovém vzpřímeném hroznu. Semena některých druhů lupin svojí výživnou hodnotou dokonce překonají i sojové boby, a to nejen díky obsahu proteinů, ale i díky jejich aminokyselinovému složení (Suchý et al. 2006).

Nejvhodnějšími a nejbohatějšími lupinami na protein se zdají být lupina úzkolistá (*Lupinus angustifolius L.*) a lupiny žlutá (*Lupinus luteus L.*) (RothMaier 2003).

6.3.1.1 Protein z lupiny

Semena lupiny obsahují 32 % hrubého proteinu (35 % sušiny) a 5 % oleje. Hlavní zásobní sacharidy v semenech jsou B-galaktany, které tvoří většinu materiálu buněčné stěny jádra a celulózu a hemicelulózu silných obalů semen. Semena obsahují asi 40 % neškrobových polysacharidů (NSP) a zanedbatelné množství škrobu. To z nich dělá vynikající přísadu do stravy přežvýkavců (Pettersen 2000).

Semena moderních kultivarů domestikovaných druhů lupin obsahují zanedbatelné množství lektinů a inhibitorů trypsinu, takže před použitím jako přísada do krmiv pro monogastrické druhy nevyžadují předeřhívání. Mají vysoký koeficient stravitelnosti pro bílkoviny, 90% pro většinu druhů, ale nízkou energetickou stravitelnost ~60%. Pro luštěniny je typický nízký obsah methioninu (0,22 %) a lysinu (1,46 %) (Boukid & Pasqualone 2022).

6.3.1.2 Využití ve výživě hosp. zvířat

Krmením brojlerových kuřat použitím sladké lupiny bílé, jejím množství a omezení v dietách, se ve své studii zabývali Gualtieri and Rapaccini (1990). Výsledky ukazují, že šrot z lupinových semen může být použit v dietách brojlerových kuřat, a to tak, že jeho množství lze s věkem zvyšovat, pod podmínkou že jsou v období předvýkrmu jeho dávky nízké. Použití většího množství (30 nebo 40 %) by vyžadovalo přísun limitujících aminokyselin, což by nemuselo být cenově výhodné (Suchý et al. 2006).

Krmnou hodnotou lupiny pro brojlerová kuřata a nosnice se zabývali Egorov et al. (2001). V práci se studoval důsledek použití semena lupiny žluté v krmných dávkách. U čtyř experimentálních skupin byly slunečnicové pokrutiny nahrazeny 10, 15, 20 a 25 % lupiny. Nutriční hodnota lupinových semen se blížila nutriční hodnotě slunečnicových otrub. Nejlepší výsledky byly dosaženy s 20 % lupiny. Obsah 25 % lupiny v dietě se projevil významným snížením tělesné hmotnosti (Suchý et al. 2006).

Krmením semenem sladké lupiny úzkolisté (*Lupinus angustifolius L.*) a lupiny žluté (*Lupinus luteus L.*) a nutriční hodnotou těchto dvou lupin se zabýval RothMaier (2003). Příjem krmiva se u lupinových diet zvýšil na 70 g/den v porovnání s bezlupinovou dietou (64,5 g/den), avšak růst byl podobný u všech skupin (42,8 g/den; 40,9 g/den u skupiny 3 s 30 % *Lupinus angustifolius*). To se projevilo ve vyšších krmných nákladech na lupinové dietě (až 1,64 oproti 1,51 u kontrolní skupiny). Při použití aminokyselin může být až 20 % sojového šrotu v dietě nahrazeno semeny lupiny žluté, aniž by se zhoršil růst a konverze krmiva. Avšak obsah 30 % semen lupiny žluté snížil konverzi krmiva o 9 %. Přidání 20 % semen lupiny úzkolisté se projevilo stejným růstem jako u kontrolní skupiny, avšak konverze krmiva se snížila o 6 % (Suchý et al. 2006).

6.3.1.3 Využití v potravinách

Suplementace potravinářských výrobků proteiny z lupin může být účinným přístupem ke zlepšení jejich nutriční hodnoty zvýšením obsahu bílkovin a zajištěním zdravotních přínosů (Boukid & Pasqualone 2022). Protein z lupiny byl přidán do špaget. Z technologického hlediska mají špagety obohacené o 5 % izolátu lupinového proteinu barvu, reologické vlastnosti a ztráty při vaření srovnatelné s kontrolními špagetami (100% krupice). Nicméně při vyšším stupni přidání (15 %, 20 % a 50 %) těsto velmi zeslábne (nízká stabilita a doba vývoje, roztažnost a odolnost), což má za následek vysoké ztráty při vaření (17 % při 20% úrovni přidání oproti 8 % při 5% úrovni přidání) (Doxastakis et al. 2007). Také byly zkoumány účinky přídatku lupinového proteinu do chleba. Přidání lupinových proteinových izolátů (5 %) prodloužilo dobu vývoje těsta a stabilitu díky zachycení lupinového proteinu v lepkové síti a také zlepšilo objem, vnitřní strukturu a texturu chleba. Začlenění 10 % izolátů lupinového proteinu však vedlo k méně odolnému, hůře ovladatelnému a lepivějšímu těstu. Výsledkem bylo, že čerstvý chléb

vyrobený z lupinových bílkovin (10 %) měl nižší specifický objem a vyšší tuhost kůrky (Paraskevopoulou et al. 2010). Lupinový protein byl přidán do bezlepkových sušenek. Zpracování lupinového proteinu (10%) vedlo ke zlatohnědým sušenkám a neovlivnilo tvarové parametry sušenkového průmyslu. Během skladování si tyto sušenky udržovaly nízkou aktivitu/obsah vody, což naznačuje potenciální účinek proti zatuchnutí, jak bylo dříve uvedeno u chleba. Přídavek lupinových proteinů tedy zlepšil kvalitu konečného produktu (Mota et al. 2020).

Lupina díky svým emulgačním vlastnostem přispěla ke stabilizaci tukových částic a snížení ztrát při vaření masných výrobků. Zahrnutí 1 % izolátů lupiny zlepšilo zpracovatelské vlastnosti, barvu, texturu a celkovou přijatelnost masných výrobků (Drakos et al. 2007).

6.3.1.4 Využití ve zdravotnictví

Lupinové proteiny vynikají svými zdravotními benefity. Proteiny lupiny mohou snížit hladinu glukózy v krvi a zlepšit citlivost na inzulín, snížit hladinu cholesterolu, a mají výborné antioxidační účinky. Antioxidační vlastnosti lupinových proteinů získávají zájem díky rostoucímu zaměření na hledání nových antioxidačních sloučenin pro ochranu před oxidačním stresem a snížení dopadů různých chronických onemocnění (Boukid & Pasqualone 2022). Proteiny lupiny (*Lupinus albus L.*) mohou snížit hladinu glukózy v krvi a zlepšit citlivost na inzulín prostřednictvím inhibice enzymatické aktivity dipeptidylpeptidázy IV u diabetiků (Muñoz et al. 2018).

6.3.2 Hrách

Hrách obecný (*Pisum sativum L.*) včetně hrachu polního a hrachu zahradního, z čeledi bobovitých (Fabaceae), jsou jednou z nejstarších domestikovaných plodin, pěstovaných pro lidskou potravu nebo jako krmivo pro hospodářská zvířata. Rostliny hrachu snášejí nízké teploty během klíčení a růstu díky čemuž jejich pěstování poskytuje vynikající alternativu pro oblasti s chladnějším podnebím, které nejsou vhodné pro produkci sóji (Lam et al. 2018).

Jako jedna z nejdůležitějších luštěnin se hrách pěstuje v 84 různých zemích a tvoří největší procento (36%) celkové produkce luštěnin na světě. Celosvětová produkce hrachu vykazuje za posledních 30 let nepřetržitý nárůst. V roce 2008 se hrách polní pěstoval na více než 10 milionech hektarů po celém světě s celkovou světovou produkcí 12,13 milionu tun. Největšími producenty hrachu jsou Kanada, Rusko, Čína, Indie a USA (Lu et al. 2020).

Jak konstatuje ve svém článku Tatarčíková (2008), v České republice se hrách jako krmivo pro zvířata používá méně ve srovnání s jinými evropskými zeměmi, což vede k poklesu pěstebních ploch určených pro tento účel. Naproti tomu ve Francii je hrách běžnou součástí krmných směsí pro hospodářská zvířata, kde může tvořit až 35 % krmné dávky. Konkrétněji v jaderných krmivech pro skot v množství 25-30 %, ve směsích pro odstavená selata až 30 %, pro prasata ve výkrmu až 35 %, pro březí prasnice 16 %, kojící prasnice 25 %, pro výkrm brojlerových kuřat až 30 %, krůt 20 % a v krmných směsích pro nosnice až 30 % (Straková 2009).

6.3.2.1 Složení a hrachového proteinu

Hrách rolní je známý jako primární zdroj nutričních složek a lze jej frakcionovat na různé přísady a potravinářské produkty obohacené o bílkoviny, škrob, vlákninu atd.. Hrachový protein je relativně novým typem rostlinných proteinů a stává se stále populárnějším v celosvětovém potravinářském průmyslu díky své dostupnosti, nízké ceně, nutričním hodnotám a zdravotním přínosům (Lu et al. 2020). Ve srovnání se sójovými nebo jinými rostlinnými proteiny je hrachový protein charakteristický svou vysokou a lehkou stravitelností a také relativně méně alergickými reakcemi na něj. Hrachový protein lze rozdělit do čtyř hlavních skupin: globulin, albumin, prolamin a glutelin (Lam et al. 2018).

6.3.2.2 Využití ve výživě hosp. zvířat

Ve své práci Brand et al. (2000) hodnotili kultivar hrachu (*Pisum sativum L., Glenroy*) (187 g/kg hrubého proteinu) jako alternativní zdroj proteinu v dietách pro prasata na konci výkrmu. Výsledky experimentu ukazují, že optimální množství proteinu z hrachu přidaného do diet pro rostoucí prasata může být až 32 % hrachu kultivaru Glenroy.

V ČR se využitím hrachu ve výživě a výkrmu prasat zabývali především Zeman et al. (2008), kteří se ve své práci zaměřují na nebezpečnost zkrmování velkých dávek hrachu, zejména u selat. Hrách totiž obsahuje několik antinutričních látek jako jsou např. lektiny, třísloviny, inhibitory trypsinu, atd.. Na základě jejich experimentů autoři doporučují maximální dávku přidaného hrachového proteinu do kompletních krmných směsí do 20 %.

Semena krmného hrachu jako proteinová složka krmiva se osvědčila i v krmivech drůbeže. Dokládá to řada vědeckých prací, kde můžeme zmínit např. práci autorů Igbasan a Guenter (1996a). Byly provedeny tři experimenty posuzující nutriční hodnotu čipsů ze žlutého hrachu (YPC) a čipsů ze zeleného hrachu (GPC). Čipsy obsahovaly 298,3 a 281,3 g/kg hrubého proteinu, 7,28 a 7,10 g lysinu na 16 g N a 1,05 a 0,94 g methioninu na 16 g N u žlutého hrachu a zeleného hrachu. Výsledky ukazují, že při výkrmu čipsů z hrachu si nebyla kuřata schopna udržet stejné parametry v porovnání s kuřaty krmných konvenční dietou založenou na kukuřici a sóji. Z toho vyplývá, že by brojlerovým kuřatům neměla být podávána dieta s množstvím hrachu vyšším než 150 g/kg. V jiné studii Gruhn a Zander (1990) zkoumali vliv různě vysokých dávek hrachu setého na stravitelnost živin u nosnic. V experimentu byly pěti pozorovaným skupinám po pěti nosnicích s kolostomií podávány diety s hrachem. Diety byly podávány v množství 0, 15, 30, 45 a 60 g hrachu variety Grapis na nosnici a den, spolu s dávkou pšenice. S vyšujícím se množstvím hrachu v krmné dávce rostla i jeho stravitelnost. Výsledku stanovily následující průměrné hodnoty stravitelnosti (z 20 hodnot): organická hmota 66,9 %, hrubý protein 78,5 %, hrubý tuk 48,7 % (Straková 2009).

6.3.2.3 Využití hrachového proteinu v potravinách

Hrachový protein je populární aditivum nebo doplněk v celosvětovém potravinářském průmyslu. Komerční hrachové proteinové produkty, jako je PPI, jsou převážně koncentrované formy s obsahem proteinu < 85 % (na bázi suché hmotnosti). Na rozdíl od tradičních obilných proteinů neobsahuje PPI žádný lepek a může tak být užitečným přínosem pro výrobu bezlepkových potravin. Ukázal se být vhodný pro přípravu bezlepkových muffinů s vlastnostmi

srovnatelnými s těmi z pšenice nebo také jako skvělý emulgátor do veganských jogurtů (Shanthakumar et al. 2022).

Hrachový protein byl přidán do mletého hovězího masa na hamburgery, salátových dresinků a zapouzdřených přísadových prášků, aby se zlepšily jejich funkční vlastnosti. Nedávné studie ukázaly, že přidáním PPI k mletému hovězímu masu vznikly hovězí karbanátky, které byly měkčí, křehčí a vyžadovaly menší sílu ke stlačení než celohovězí karbanátky, hamburger také vykazoval menší zadržování tuku než běžné hovězí maso na hamburgery (Lu et al. 2020).

Hrachový protein lze využít i jako doplňky výživy při sportu a cvičení, jelikož obsahuje proteiny podporující růst svalů. Babault a kol. (2015) zkoumali dopady užívání hrachového proteinu, syrovátkového proteinu a placebo na svalovou tloušťku a sílu po 12 týdenním rezistenčním tréninkovém programu. Zjistili, že hrachový protein podporuje větší nárůst svalové tloušťky ve srovnání s placebem, zatímco mezi dvěma proteiny nebyl žádný rozdíl, což naznačuje, že hrachový protein lze použít jako účinnou alternativu k syrovátkovému proteinu.

Jeho dalším využitím může být emulgátor, pěnidlo nebo do obohacených nápojů. Jednou z novějších výzev v používání hrachového proteinu je jeho aplikace v obohacených nápojích, jako jsou proteinové koktejly, sportovní nápoje a směsi proteinových šťáv (Burger & Zhang 2019).

6.3.2.4 Využití ve farmacii

Protein z hrachu se používá jako materiál pro mikroenkapsulaci. Mikroenkapsulace je speciální proces zapouzdření malých částic (účinných látek) do polymerního obsahu za účelem dosažení požadovaných vlastností (Lam et al. 2018).

6.3.3 Vikev setá

Vikev setá (*Vicia sativa*) patří do čeledi bobovitých (*Fabaceae*). Vikve jsou přímé nebo popínavé byliny s květy nejčastěji uspořádanými v hroznovitých květenstvích. V současné době se vikev obecná běžně vyskytuje jak v přírodním, tak v zemědělském prostředí v Evropě, Asii, Severní Americe, některých částech Jižní Ameriky, Afriky, Středomoří a Austrálie (Nguyen et al. 2020).

Studie Tate a Enneking z roku 1992 upozornila na problémy spojené s toxicitou semen vikve. Kvůli její toxicitě, bylo využití vikve omezeno a využívá se pouze na pastviny, kde mohou být semena bezpečně konzumována přežvýkavci a v omezeném množství i některými monogastrickými zvířaty. Proto ji do současnosti nebyla věnována taková pozornost (Suchý et al. 2007).

6.3.3.1 Složení proteinu z vikve

Byly zkoumány proteiny ze semen vikve seté. Bílkoviny tvoří ~11,4 % hmotnosti semen, z toho >50,8 % tvoří globuliny a 43,6 % albuminy. Globuliny mohou být frakcionovány na dvě hlavní složky, které byly pojmenovány α -vicinin (zahrnující 73 % celkové frakce globulinů, a tedy >37 % celkového proteinu semen) a β -vicinin (Ribeiro et al. 2004).

Stejně jako u jiných semenných luštěnin obsahují semena vikve obecně řadu antinutričních až toxických faktorů. Několik studií prokázalo, že přítomnost antinutričních faktorů v semenech snižuje biologickou dostupnost a vstřebávání živin (Liener, 1970; Berger a kol., 2003; Seifdavati a kol., 2012; Emire a kol., 2013; Oghbaeil a Prakash, 2016) a mohou mít dokonce negativní vliv na užitkovost zvířat (Collins et al., 2002; Matic a kol., 2005).

6.3.4 Řepka

Řepku řadíme mezi dvouděložné rostliny patřících do čeledi brukvovitých (*Brassicaceae*). Řepkové semeno je získáváno z několika druhů náležejícím k rodu *Cruciferae*. Tam řadíme řepku (*Brassica napus*) a řepici (*Brassica campestris*) (Suchý et al. 2007).

6.3.4.1 Protein z řepky

Řepkový šrot získaný z černosemenné řepky obvykle obsahuje 35 až 40 % hrubého proteinu (CP), který je považován za jednu z nejcennějších rostlinných bílkovin. Má dobrou rovnováhu esenciálních aminokyselin a velmi vysoký poměr účinnosti bílkovin. Plné využití tohoto proteinu je však obtížné kvůli přítomnosti nebílkovinných složek semene, které jsou s ním spojeny. Jedná se o tzv. antinutriční faktory, které omezují využití řepkového proteinu ve výživě monogastrů. Hlavními antinutričními faktory jsou vláknina, glukosinoláty, kyselina fytová a fenolické sloučeniny (sinapin, třísloviny). V mnoha centrech po celém světě již řadu let probíhá výzkum zaměřený na zlepšení její nutriční hodnoty, což následně zvýší její využití při krmení monogastrických zvířat (Gołębiewska et al. 2022).

6.3.4.2 Využití ve výživě hosp. zvířat

Ke krmným účelům se dá řepka použít v několika formách: ve formě zelené píce určené k přímému zkrmování pro skot nebo jako konzervované krmivo, dále jako řepkové semeno vhodné pro všechna hospodářská zvířata, nebo jako zbytky olejářského průmyslu (řepkový extrahovaný šrot, pokrutiny, výlisky, atd.), v neposlední řadě jako ve formě řepkové slámy (jako podestýlka a tím částečně jako krmivo pro skot a ovce). Využití řepkového šrotu a produktů v krmných dávkách pro zvířata je omezeno kvůli přítomnosti antinutričních faktorů v těchto krmivech. Obecně se dá říci, že přežvýkavci jsou méně náchylní k působení těchto látek než monogastrická zvířata. Čím má řepka nižší obsah antinutričních faktorů a jejich produktů, tím více může být zastoupena v krmné dávce. Existují však metody, jako je tepelná úprava a doplnění enzymů, které mohou tyto antinutriční faktory řepky zmírnit (Suchý et al. 2007).

Použitím řepky jako proteinové složky krmiva pro drůbež se zabývá několik studií. Richter et al. (1996 a) ve své studii pozorovali, že brojleři krmení dávkou s 5 % řepkového semene nebo řepkových produktů (extrahovaných šrot, výlisky) měli sníženou užitkovost oproti kontrolní skupině, která byla krmena směsí bez řepky. Dále v této studii zkoumaly dopady zkrmování řepkou na bělovaječné hybridy Hisex. Byly použité krmné směsi s obsahem 5 až 20 % řepky nebo 10 až 20 % řepkového extrahovaného šrotu. Výsledky uvádějí, že optimální zastoupení řepkového extrahovaného šrotu v krmné dávce by mělo být do 5%. V další studii Richter et al. (1997 b) byly využity hybridy ROSS a Hybro k výkrmu. Krmné

směsi obsahovaly 5, 10 a 15 % řepky nebo řepkových produktů. Pro pokus byla použita odrůda řepky s vysokým obsahem glukosinolátů (16 - 42 mmol/kg). Výsledky ukázaly, že zařazení jak celého semene řepky tak řepkových produktů snížilo příjem krmiva.

Zkrmování řepky a jejich produktů má pozitivní vliv na složení mastných kyselin snesených vajec. Několik studií potvrdilo, že zařazení řepkového semene do krmné směsi pro nosnice, má za následek zvýšení obsahu kyseliny olejové, linolové a linolenové a naopak dochází k poklesu obsahu kyseliny palmitové a palmitoolejové (Suchý et al. 2007).

Hao Cheng et al. (2022) přichází s pozitivními výsledky při použití řepkového proteinu ve výživě prasat. Výzkum ukázal, že malé množství řepkového proteinu by mohlo být použito ve výživě prasat bez škodlivých účinků na růstovou užitkovost a kvalitu masa. Shi et al. (2015) uvádí, že přidání 10 % řepkového proteinu do stravy prasat nemá žádné nepříznivé účinky na produkční výkonnost výkrmu prasat. Uvádí, že krmení prasat dietami obsahujícími řepkový protein nemá vliv na kvalitu vepřového masa, ale může snížit přírůstek hmotnosti.

6.3.5 Laskavec

Čeleď laskavcovité (*Amaranthaceae*) jsou byliny, řidčeji keře nebo polokoře, ojediněle stromy či liány. Rostliny patřící do této čeledi jsou rozšířeny téměř celosvětově (Molina et al. 2018). Z této čeledi jsou pro nás nejzajímavější tři zástupci a to: laskavec *ocasatý* (*Amaranthus caudatus*), laskavec krvavý (*Amaranthus cruentus*) a laskavec červenoklasý (*Amaranthus hypochondriacus*). Touto trojicí rostlin se zabývá několik studií, popisujících jejich obsah proteinů a jeho následné použití jako krmivo pro monogastry tak využití i v lidské výživě (Rivero Meza et al. 2023).

6.3.5.1 Složení proteinu

Amarantové proteiny se skládají z albuminů (asi 40 %), gluteninů (25–30 %) a globulinů (20 %) a obsahují velmi malé množství prolaminů (2–3 %). Amarantové prolaminy jsou bohatší na kyselinu glutamovou a esenciální aminokyseliny než albuminy a globuliny. Díky tomu je amarant dobrým zdrojem bílkovin, který se blíží složení živočišných bílkovin (Manyelo et al. 2020).

6.3.5.2 Využití ve výživě hosp. zvířat

Listy a semena laskavce jsou potenciálním zdrojem bílkovin a methioninu pro monogastriká zvířata. Monogastriká výživa zahrnuje poskytování rovnováhy živin, které nejlépe vyhovují potřebám zvířat pro růst, údržbu a produkci vajec. Tato plodina si získala celosvětovou pozornost díky své dostupnosti, odolnosti v drsném prostředí a vynikajícímu složení živin (Molina et al. 2018).

Použití listů laskavce prokázalo zlepšení monogastričských krmných směsí jako nekonvenčních zdrojů energie a bílkovin (Mendonça et al. 2009). Podle Fasuyiho et al. (2007) by moučka z listů laskavce krvavého mohla být přidána do stravy pro brojlerů jako potenciální zdroj bílkovin. Autoři uvedli, že nejméně 10 % moučky z listů laskavce krvavého může být

zahrnuto do výkrmu brojlerů a vede k lepšímu výkonu. Navíc se ukázalo, že zahrnutí laskavce snižuje obsah cholesterolu ve vejcích (Rivero Meza et al. 2023).

Semeno laskavce má potenciál částečně nahradit kukuřičný a sójový šrot ve stravě drůbeže (Manyelo et al. 2020). Semeno má adekvátní obsah aminokyselin, což má za následek, že mají asi dvojnásobné množství bílkovin než obilná zrna. Mají také podobný energetický obsah jako ostatní obiloviny, a proto je lze použít jako krmnou přísadu pro brojlery (Rivero Meza et al. 2023).

V současné době je omezená literatura o použití semen laskavce ve výživě prasat. Použití laskavce ve výživě prasat prokázalo pozitivní výsledky v růstové užitkovosti. Několik autorů (Shilov et al. 2012, Kambashi et al. 2014) uvedlo zvýšení stravitelnosti, když je laskavec přidán do stravy prasat (Manyelo et al. 2020).

6.3.5.3 Využití v potravinách

Využití proteinu laskavce jako přísady je v potravinářském průmyslu stále populárnější díky jeho výjimečným nutričním vlastnostem. Laskavcový protein obsahuje vysoké množství esenciálních aminokyselin, které mohou přispět k požadovanému dennímu příjmu a má limitující množství antinutričních faktorů. Potraviny na bázi laskavcového proteinu lze použít jako náhražku pro pacienty s intolerancí kaseinu a laktózy, cukrovkou, nadváhou a obezitou (Das et al. 2021).

Je důležité zdůraznit, že laskavcový protein získaný z vedlejších produktů je udržitelnou alternativou pro zvýšení nutriční a ekonomické hodnoty potravinářských výrobků. Výroba proteinových izolátů a koncentrátů je možností, jak přeměnit odpad na produkty s vysokou přidanou hodnotou a stravitelností bílkovin (Janssen et al. 2017). Tímto způsobem je možné integrovat rostlinné bílkoviny do jiných potravinových systémů, jako jsou uzeniny, polévky, masné výrobky, koláče a dalších potravinářských aplikací (Rivero Meza et al. 2023).

6.3.5.4 Využití ve zdravotnictví

Amarant se ukazuje jako jedna z nejvhodnějších plodin pro řešení specifických zdravotních problémů po celém světě, jako je obrana proti několika nemocem, jako jsou kardiovaskulární onemocnění, šedý zákal, ateroskleróza, retinopatie, artritida, rozedma plic a neurodegenerativní onemocnění (Manyelo et al. 2020). Jeho dalším využitím může být při léčbě cukrovky a obezity. Obsahuje enzymy, které podporují lepší rozkládání tuků a také ovlivňují hladinu inzulinů (Tang & Tsao 2017).

6.3.6 Lilek brambor

Lilek brambor (*Solanum tuberosum*) je bíle kvetoucí víceletá hlíznatá rostlina z čeledi lilkovité (*Solanaceae*), pěstovaná jako jednoletá plodina. Brambory jsou jednou z nejvýznamnějších zemědělských plodin (Hussain et al. 2021).

6.3.6.1 Protein z brambor

Kvalita bramborového proteinu je velmi vysoká; Je výživnější a vysoce rozpustný než jiné rostlinné bílkoviny. Obsahuje vysoké množství lysinu, které jiné plodiny postrádají. Vaječná bílkovina se bere jako referenční protein s biologickou hodnotou 100; bramborový protein má relativně vysokou biologickou hodnotu (90) než jiné důležité rostlinné zdroje bílkovin sója 84 a fazole 73 (Hussain et al. 2021).

Bramborové bílkoviny lze rozdělit do tří hlavních kategorií: patatin (40 %), inhibitor proteázy (50 %) a ostatní (10 %), ale tato procenta se mohou značně lišit v závislosti na odrůdách a vegetačním období. Patatin je díky své nižší molekulové hmotnosti podstatně výraznější frakcí mezi ostatními třemi bramborovými bílkovinami (Bárta & Bártová 2008). Má také pozitivní účinky na lidské zdraví. Působí jako prostředek regulující hladinu cholesterolu a krevní tlak (Kudo et al. 2009). Kromě přínosů pro zdraví má také dobrou emulgační a pěnivou aktivitu, což rozšířilo jeho funkční využití v potravinářském průmyslu. Bramborové proteiny jsou považovány za nealergické. Nejsou uvedeny na seznamu známých alergenů, které musí být deklarovány na etiketě, což je zásadní bezpečnostní požadavek pro blaho spotřebitelů a významná výhoda pro výrobce (Koppelman et al. 2002).

U dětí je alergie na pšenici nejčastější, trpět ji mohou i dospělí, takže pro ty, kteří jsou citliví na pšenici a další základní potraviny, musí existovat nějaké alternativní zdroje. Brambory a jejich bílkoviny jsou v tomto ohledu jednou z nejlepších náhrad (Hussain et al. 2021).

Výzkum provedený Spelbrinkem et al. (2015) prokázal, že v sýru může patatin uvolňovat mastné kyseliny, a tak se může podílet na vývoji chuti. Patatin lze tedy použít při výrobě sýrů pro rozvoj jeho chuti a zvýšení rychlosti zrání (Hussain et al. 2021).

6.3.7 Len setý

Len setý (*Linum usitatissimum*) je jednoletá bylina, patřící do čeledi lnovité (*Linaceae*), pěstovaná pro lněné vlákno a pro olejnatá semena. Dorůstá výšky asi 1,2 m, kvete světle modře, květ má pět kališních a korunních lístků. Plodem je pětipouzdrá tobolka. Odvětví zabývající se pěstováním a zpracováním lnu se nazývá lnářství. Odpadní produkt lnu, který se dále používá např. k výrobě celulózy, se označuje jako koudel (Oomah 2001).

6.3.7.1 Složení proteinu ze lnu

Množství bílkovin lněného semínka v celém lněném semínku se značně mění od 10 do 31 %, což závisí na mnoha faktorech, například na kultivarech, podmínkách prostředí a metodách zpracování. Protein lněného semínka se skládá hlavně z globulinu a albuminu.

Lněné semínko má tři hlavní složky, díky nimž je prospěšné ve výživě lidí a zvířat: velmi vysoký obsah kyseliny alfa linolenové (omega-3 mastné kyseliny), vysoký podíl vlákniny, rozpustné i nerozpustné, a nejvyšší obsah "lignanů" ze všech rostlinných potravin používaných k lidské spotřebě (Singh et al. 2011).

6.3.7.2 Využití v potravinách

Lněné semínko se stává důležitou funkční složkou potravin díky svému bohatému obsahu kyseliny α -linolenové (ALA), lignanu a vlákniny. Používá se především k dekoraci a struktuře pečených výrobků (Singh et al. 2011).

Lněné proteiny používané jako přísady v mnoha potravinách, jako jsou zmrzliny, masové emulze, pekařské výrobky, omáčky, byly předmětem několika studií.

Waszkowiak & Rudzinska (2014) se zabývali vlivem lněných proteinů na oxidaci lipidů ve vepřových karbanátcích. Výsledky ukázaly, že lněné proteiny dokáží stabilizovat složení mastných kyselin ve skladovaných vepřových karbanátcích. Wang et al. (2010) ukázali, že protein z lněného semínka je dobrou složkou pro použití v masných a zmrzlinových výrobcích.

Částečné nahrazení pšeničné mouky lněným proteinovým práškem může zlepšit nutriční hodnotu potravin na bázi mouky. Shearer a Davies (2005) zjistili, že pšeničná mouka nahrazená asi z 10-20% lněnou moukou neovlivňuje strukturu a bobtnání potravin během procesu vaření. Ve studii Manthey et al. (2008) byla pevnost čerstvých těstovin a makaronů obsahujících 15% lněného moučky snížena kvůli slizu ve lněné moučce. Ovšem by se naproti tomu mohla prodloužit trvanlivost potravin díky protiplísňové schopnosti lněného proteinu (Ye et al. 2022).

6.3.7.3 Využití ve výživě hosp. zvířat

Byl proveden experiment s cílem vyhodnotit růstové výkony a profily mastných kyselin prasat krmených lněnou moučkou. Zařazení 15% dietní lněné moučky zvýšilo obsah kyseliny α -linolenové. Zvýšení dietního lněného šrotu snížilo obsah nasycených mastných kyselin v zadním tuku (Scholljegerdes & Kronberg 2007).

Krmení lněným semínkem dospělým kohoutům v peletové nebo rozdrobené formě zvýšilo jeho průměrnou metabolickou energii z 3 654 kcal/kg na 4 277 kcal/kg. Správné zpracování lněného semínka, jako je peletování, autoklávování a mikrovlnné pražení, vedlo k vyšším skutečným metabolizovatelným energetickým hodnotám u kohoutů leghornek (Shen et al. 2004).

Jiné zdroje tuku, jako jsou mikronizované sójové boby a Megalac, mohou být zcela nahrazeny celým neošetřeným lněným semínkem jako zdroj tuku ve stravě laktujících krav bez jakéhokoli nepříznivého vlivu na produkci. Lněné semínko zvýšilo procento mléčné bílkoviny a její poměr omega-6 a omega-3 mastných kyselin. Holštýnské krávy, které byly krmeny kontrolní dietou bez lněného semínka, syrovým lněným semínkem, mikronizovaným lněným semínkem a extrudovanou dietou, ukázaly, že suplementace lněným semínkem se zlepšila celkové využití živin bez nepříznivých účinků na fermentaci bacheru (Soita et al. 2003).

6.3.7.4 Využití ve zdravotnictví

Bylo zjištěno, že lignany obsažené v lněném semínku jsou anti-karcinogenní sloučeniny. Národní institut pro rakovinu (National Cancer Institute) ve Spojených státech vyhodnotil lněné semínko spolu s řadou dalších potenciálních složek potravin jako součást

"designových potravin" – s potenciálem pomoci při léčbě rakoviny. Omega-3 a lignanové fytoestrogeny lněného semínka jsou v centru pozornosti pro své přínosy pro širokou škálu zdravotních stavů a mohou mít chemo-protektivní vlastnosti u zvířat a lidí (Ye et al. 2022).

Více studií ukázalo, že protein z lněného semínka nám může poskytnout zdravotní přínosy (Akbarbaglu et al., 2019; Marie et al., 2019; Nwachukwu & Aluko, 2018a; Udenigwe a kol., 2009; Wei et al., 2018; Yu et al., 2020). Zdravotní přínosy lněného proteinu, jako je anticholesterol, antioxidační, protinádorové vlastnosti, antihyperglykémie, jsou připisovány složení aminokyselin, interakci s jinými sloučeninami (Singh et al. 2011).

7 Budoucnost proteinů v EU

Jak již bylo zmíněno v předešlých kapitolách, EU není v rostlinných proteinech soběstačná. Podle statistických údajů FAO z roku 2009 zkonsumovalo obyvatelstvo EU 105 g bílkovin na osobu a den, z čehož 59 % pocházelo z produktů živočišného původu, 27 % z obilovin, 3,6 % ze zeleniny a 1,6 % z luštěnin (Food and agriculture Organization of the United Nations 2009). Živočišné produkty proto mají zásadní význam pro zásobování evropských občanů bílkovinami. Většina těchto produktů se vyrábí v EU podle údajů zveřejněných Evropskou komisí. V roce 2022 bylo 96 % celkového dostupného masa v EU vyprodukováno v samotné EU a 92 % dostupného množství masa bylo spotřebováno. Srovnatelné hodnoty u čerstvých mléčných výrobků činily 99 % (Evropská komise 2024). Soběstačnost spotřebitelské spotřeby bílkovin v EU založených na produktech živočišného původu je tedy velmi vysoká. Ovšem s rostoucí populací jde ruku v ruce zvyšující se poptávka a potřeba šetrnějšího zemědělství. To s sebou přináší jak ekonomické tak i ekologické problémy. Proto je v současné době věnovat velkou pozornost alternativním zdrojům proteinů jako jsou třeba houby, hmyz a nebo právě píce (Visser et al. 2014).

Vstup rostlinných bílkovin pro živočišnou výrobu v EU je pravým opakem co se týče soběstačnosti. Na vrcholu všeho stojí sója. Soběstačnost sójového šrotu je pouze 3 %, zatímco tento produkt dodává 64 % krmných surovin bohatých na bílkoviny (Evropská komise 2022). K významu sójového šrotu lze přidat hodnotu tohoto materiálu pro živočišnou výrobu. Sójový šrot je hlavním zdrojem esenciální aminokyseliny lysinu, která je první limitující aminokyselinou pro prasata a pro drůbež, a zjevná stravitelnost této aminokyseliny byla 85 %, což je více než u jiných olejnatých šrotů (51–78%) (Visser et al. 2014).

V roce 2011 přijal Evropský parlament návrh na řešení neudržitelnosti této silné závislosti EU na dovozu sójového šrotu (HÄUSLING 2011). Návrh uznává seznam přínosů bílkovinných plodin pěstovaných v Evropě: ekonomické přínosy pro zemědělce a krmivářský průmysl; asimilace a fixace dusíku v půdě a snížení používání syntetických dusíkatých hnojiv a emisí skleníkových plynů; snížení emisí CO₂ a produkce ozonu, snížení užívání herbicidů a dalších přípravků na ochranu rostlin, nižší spotřebu energie, větší biologickou rozmanitost a podporu opylování při zavádění bílkovinných plodin do střídání plodin; lepší hospodaření s vodou, které podstatně snižuje odtok živin do podzemních vod ve smíšených systémech pěstování plodin; a přizpůsobení se evropským klimatickým podmínkám, stabilizace a posílení biologické rozmanitosti zemědělství v rámci produkčního systému (Bues et al. 2013). Bylo

navrženo devět opatření podporující produkci domácích bílkovin včetně podpory opatření na diverzifikaci plodin v zemědělských podnicích, klasifikace ploch na kterých se pěstují píce (zejména luštěniny) jako ploch využívaných v ekologickém zájmu, regionálních režimů podpory a režimů podpory vázaných na produkci pro bílkovinné plodiny, zvýšené podpory ekologického zemědělství, propagace luštěnin prostřednictvím agroenvironmentálních režimů, posílení politik ochrany klimatu vyplývajících ze snížení emisí skleníkových plynů a zvýšeného pohlcování uhlíku v půdě, zásady pro používání dusíkatých hnojiv v zemědělství, podpora iniciativ producentů pro vytváření sítí a šíření znalostí a investice do výzkumu, šlechtění a technického pokroku. Pěstování domácích proteinů by se v EU lokalizovalo (Bues et al. 2013). Lokalizace výroby krmiv nabízí řadu ekonomických, environmentálních a sociálních výhod, jako je snížení množství energie spotřebované při jejich přepravě, zlepšení ekonomické životaschopnosti místních farem a jejich komunit a snížení bezpečnostních rizik spojených s decentralizovanou výrobou. A právě rostliny s potenciálem zásobovat EU by mohly být některé píce (Peters et al. 2009).

V mnoha částech Evropy došlo od 80. let 20. století k čistému poklesu používání pícnin, a to navzdory jejich významu pro systémy živočišné výroby s nízkými vstupy. Politické prostředí, v němž funguje chov hospodářských zvířat ve velké části Evropy (společná zemědělská politika), ale v současné době opět posouvá zájem k pěstování pícnin a snaží se odklonit od používání minerálních hnojiv (Pelzer et al. 2017). V současné době je evropský (výzkumný) zájem o luskoviny věnován především pouze malému počtu dostupných druhů bobovitých, mezi které patří hrách setý, jetel, bob obecný a vikev obecná (Ditzler et al. 2021). Ačkoli místní luskoviny mohou produkovat přijatelné až vysoké výnosy, místní odrůdy obecně nejsou schopny konkurovat vysoce geneticky selektovaným a komercializovaným plodinám. S výjimkou hrachu byla genetická selekce u místních odrůd minimální nebo vůbec neexistovala (De la Rosa et al. 2021). Aby bylo možné stanovit hodnotu místních odrůd jako krmných plodin, je nutné posoudit jejich odolnost a hodnotu ekosystémových služeb a identifikovat a kvantifikovat jejich nutriční hodnotu, bioaktivní složky a antinutriční faktory (Kole et al. 2015). Kromě toho hraje analýza genetické diverzity klíčovou roli při zachování a využívání těchto genetických zdrojů ve šlechtitelských programech pro genetické zlepšení těchto znaků (Rauw et al. 2023).

Ovšem cesta k soběstačnosti se neobejde bez určitých překážek, které jsou potřeba vyřešit. Jako první je určitě potřeba zmínit nutnost změny ve využívání půdy, tj. přidělování nové zemědělské půdy nebo přerozdělování půdy (Fayet et al. 2022). Nalezení vhodného pozemku pro realizaci tohoto cíle je však náročné vzhledem ke konkurenci mezi způsoby využívání půdy, např. půdy využívané k pěstování potravin, půdy využívané k pěstování krmiv a půdy potřebné pro výrobu bioenergie (Gardi et al. 2015).

I přes všechny tyto problémy spojené s domácí produkcí bílkovin v EU, jsou vyhlídky do budoucna pozitivní.

8 Závěr

Vzhledem k rostoucím požadavkům na udržitelnost a snižování závislosti na dovozu sojových bobů, se píce stávají stále významnějšími pro zajištění potřeb proteinů v živočišné výrobě v EU. Využití píce jako zdroje proteinu pro monogastry či v lidské výživě v Evropské unii představuje významný potenciál pro zemědělství, zejména v kontextu udržitelné živočišné produkce. S ohledem na omezenou dostupnost regionálních a ekologicky produkovaných proteinových složek, které by splňovaly požadavky na aminokyseliny, je vývoj nových krmných složek nezbytný. Píce mají potenciál přispět k řešení tohoto problému, ale jejich využívání pro tento účel může být spojeno s určitými problémy, jako environmentální náročnost extrakce proteinů i nižší ekonomická efektivita těchto procesů.

Pro naše podmínky jsou významnými druhy píce například jetel plazivý, jetel luční, vojtěška setá a jílek vytrvalý, které jsou ceněny pro svůj vysoký obsah proteinů a adaptabilitu na místní podmínky. Protein z nich lze získávat pomocí různých technicko-chemických procesů jako např. biorafinérie, separace lístků a stonků a procesem mokré frakcionace.

Evropská komise očekává, že v prvním čtvrtletí roku 2024 přezkoumá svou proteinovou politiku, což oživuje naděje na komplexní strategii pro zajištění proteinů v EU. Kromě toho se zkoumají možnosti diverzifikace dostupných zdrojů proteinů pro potraviny a krmiva, včetně mikrobiálních, hmyzích a mořských řasových proteinů, což by mohlo přispět k soběstačnosti EU v oblasti proteinů a zmírnění environmentálního dopadu agropotravinářského sektoru.

9 Seznam použité literatury

- Alzueta C, Caballero R, Rebolé A, Treviño J, Gil A. 2001. Crude protein fractions in common vetch (*Vicia sativa* L.) fresh forage during pod filling. *Journal of Animal Science* **79**:2449–2455.
- Amer B, Juul L, Møller AH, Møller HS, Dalsgaard TK. 2021. Improved solubility of proteins from white and red clover – inhibition of redox enzymes. *International Journal of Food Science & Technology* **56**:302–311.
- Bárta J, Bártová V. 2008. Patatin, the major protein of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers, and its occurrence as genotype effect: processing versus table potatoes. *Czech Journal of Food Sciences* **26**:347–359.
- Betancur-Ancona D, Gallegos-Tintoré S, Chel-Guerrero L. 2004. Wet-fractionation of *Phaseolus lunatus* seeds: partial characterization of starch and protein. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **84**:1193–1201.
- Boukid F, Pasqualone A. 2022. Lupine (*Lupinus* spp.) proteins: characteristics, safety and food applications. *European Food Research and Technology* **248**:345–356.
- Bouton JH. 2012. An overview of the role of lucerne (*Medicago sativa* L.) in pastoral agriculture. *Crop and Pasture Science* **63**:734–738.
- Bruckner M, Wood R, Moran D, Kuschnig N, Wieland H, Maus V, Börner J. 2019, September 3. The Construction of the Food and Agriculture Biomass Input–Output Model | *Environmental Science & Technology*. Available from <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acs.est.9b03554> (accessed April 25, 2024).
- Bues A, Preissel S, Reckling M, Zander P, Kuhlman T, Topp K, Watson C, Lindström K, Stoddard FL, Murphy-Bokern D. 2013. The Environmental Role of Protein Crops in the New Common Agricultural Policy. European parliament, Brussels
- Burger TG, Zhang Y. 2019. Recent progress in the utilization of pea protein as an emulsifier for food applications. *Trends in Food Science & Technology* **86**:25–33.
- Campbell MJ, Woodside JV, Honour JW, Morton MS, Leathem AJC. 2004. Effect of red clover-derived isoflavone supplementation on insulin-like growth factor, lipid and antioxidant status in healthy female volunteers: a pilot study. *European Journal of Clinical Nutrition* **58**:173–179.
- Chiesa S, Gnansounou E. 2011. Protein extraction from biomass in a bioethanol refinery – Possible dietary applications: Use as animal feed and potential extension to human consumption. *Bioresource Technology* **102**:427–436.
- Collins M, Nelson CJ, Moore KJ, Barnes RF. 2017. Forages, Volume 1: An Introduction to Grassland Agriculture, 7th edition. John Wiley & Sons, Hoboken USA.

- Crotty FV, Fychan R, Sanderson R, Rhymes JR, Bourdin F, Scullion J, Marley CL. 2016. Understanding the legacy effect of previous forage crop and tillage management on soil biology, after conversion to an arable crop rotation. *Soil Biology and Biochemistry* **103**:241–252.
- da Silva RFB, Viña A, Moran EF, Dou Y, Batistella M, Liu J. 2021. Socioeconomic and environmental effects of soybean production in metacoupled systems. *Scientific Reports* **11** (e18662) DOI: 10.1038/s41598-021-98256-6.
- Damborg VK, Jensen SK, Weisbjerg MR, Adamsen AP, Stødkilde L. 2020. Screw-pressed fractions from green forages as animal feed: Chemical composition and mass balances. *Animal Feed Science and Technology* **261** (e114401) DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2020.114401.
- Das D, Mir NA, Chandla NK, Singh S. 2021. Combined effect of pH treatment and the extraction pH on the physicochemical, functional and rheological characteristics of amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) seed protein isolates. *Food Chemistry* **353** (e129466) DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.129466.
- De la Rosa L, López-Román MI, González JM, Zambrana E, Marcos-Prado T, Ramírez-Parra E. 2021. Common Vetch, Valuable Germplasm for Resilient Agriculture: Genetic Characterization and Spanish Core Collection Development. *Frontiers in Plant Science* **12** (e617873) DOI: 10.3389/fpls.2021.617873.
- Ditzler L, van Apeldoorn DF, Pellegrini F, Antichi D, Bàrberi P, Rossing WAH. 2021. Current research on the ecosystem service potential of legume inclusive cropping systems in Europe. A review. *Agronomy for Sustainable Development* **41** (e26) DOI: 10.1007/s13593-021-00678-z.
- Doxastakis G, Papageorgiou M, Mandalou D, Irakli M, Papalamprou E, D'Agostina A, Resta D, Boschini G, Arnoldi A. 2007. Technological properties and non-enzymatic browning of white lupin protein enriched spaghetti. *Food Chemistry* **101**:57–64.
- Drakos A, Doxastakis G, Kiosseoglou V. 2007. Functional effects of lupin proteins in comminuted meat and emulsion gels. *Food Chemistry* **100**:650–655.
- Ducrocq M, Boire A, Anton M, Micard V, Morel M-H. 2020. Rubisco: A promising plant protein to enrich wheat-based food without impairing dough viscoelasticity and protein polymerisation. *Food Hydrocolloids* **109** (e106101) DOI: 10.1016/j.foodhyd.2020.106101.
- Dury J, Schaller N, Garcia F, Reynaud A, Bergez JE. 2012. Models to support cropping plan and crop rotation decisions. A review. *Agronomy for Sustainable Development* **32**:567–580.
- Entz MH, Baron VS, Carr PM, Meyer DW, Smith Jr. SR, McCaughey WP. 2002. Potential of Forages to Diversify Cropping Systems in the Northern Great Plains. *Agronomy Journal* **94**:240–250.
- EUROSTAT. 2020. Database - Eurostat. Eurostat. Available from <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database> (accessed April 25, 2024).

- Evropská komise. 2022. Rozvoj produkce rostlinných bílkovin - Evropská komise. Evropská komise. Available from https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-and-plant-based-products/cereals/development-plant-proteins_cs (accessed February 9, 2024).
- Evropská komise. 2024. Živočišné produkty - Evropská komise. Evropská komise. Available from https://agriculture.ec.europa.eu/farming/animal-products_cs (accessed April 26, 2024).
- Fayet CMJ, Reilly KH, Van Ham C, Verburg PH. 2022. What is the future of abandoned agricultural lands? A systematic review of alternative trajectories in Europe. *Land Use Policy* **112** (e105833) DOI: 10.1016/j.landusepol.2021.105833.
- Ferreira JFS, Cornacchione MV, Liu X, Suarez DL. 2015. Nutrient Composition, Forage Parameters, and Antioxidant Capacity of Alfalfa (*Medicago sativa*, L.) in Response to Saline Irrigation Water. *Agriculture* **5**:577–597.
- Finn JA et al. 2013. Ecosystem function enhanced by combining four functional types of plant species in intensively managed grassland mixtures: a 3-year continental-scale field experiment. *Journal of Applied Ecology* **50**:365–375.
- Floret C, Monnet A-F, Micard V, Walrand S, Michon C. 2023. Replacement of animal proteins in food: How to take advantage of nutritional and gelling properties of alternative protein sources. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **63**:920–946.
- Food and agriculture Organization of the United Nations. 2009. FAOSTAT. Available from <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (accessed April 26, 2024).
- Frame J, Newbould P. 1986. Agronomy of White Clover. Pages 1–88 in Brady NC, editor. *Advances in Agronomy*. Academic Press. Washington D.C.
- Fuksa P, Hakl J, Šantrůček J, Veselá M. 2008. Pícniny – Výuková databáze. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha. Available from <http://kpt.agrobiologie.cz/atlas/o-picninach/> (accessed April 1, 2024).
- Gardi C, Panagos P, Van Liedekerke M, Bosco C, De Brogniez D. 2015. Land take and food security: assessment of land take on the agricultural production in Europe. *Journal of Environmental Planning and Management* **58**:898–912.
- Gaweł E. 2012. CHEMICAL COMPOSITION OF LUCERNE LEAF EXTRACT (EFL) AND ITS APPLICATIONS AS A PHYTOBIOTIC IN HUMAN NUTRITION.
- Gaweł E, Grzelak M. 2014. Protein from lucerne in animals supplement diet. *Journal of Food, Agriculture and Environment* **12**:314–319.
- Geller SE, Studee L. 2006. Soy and red clover for mid-life and aging. *Climacteric* **9**:245–263.
- Godfrey HCJ, Beddington JR, Crute IR, Haddad L, Muir JF, Pretty J, Sherman R, Thomas SM, Toulmin C. 2010. Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People. *Science* **327** (e5967) DOI: 10.1126/science.1185383.

- Gołębiewska K, Fraś A, Gołębiewski D. 2022. Rapeseed meal as a feed component in monogastric animal nutrition – a review. *Annals of Animal Science* **22**:1163–1183.
- Grácio M, Oliveira S, Lima A, Boavida Ferreira R. 2023. RuBisCO as a protein source for potential food applications: A review. *Food Chemistry* **419** (e135993)
DOI: 10.1016/j.foodchem.2023.135993.
- Hadidi M, Orellana Palacios JC, McClements DJ, Mahfouzi M, Moreno A. 2023. Alfalfa as a sustainable source of plant-based food proteins. *Trends in Food Science & Technology* **135**:202–214.
- Hakl J, Dostálová A, Sklenář J, Háp I, Klejzar T. 2021. *Separace listů a stonků leguminóz*, 1st edition. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha.
- Hartman GL, Pawlowski ML, Herman TK, Eastburn D. 2016, February 23. Organically Grown Soybean Production in the USA: Constraints and Management of Pathogens and Insect Pests. *Agronomy* **6** (e16) DOI: 10.3390/agronomy6010016.
- HÄUSLING M. 2011. REPORT The EU protein deficit: what solution for a long-standing problem? | A7-0026/2011 | European Parliament. Available from https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-7-2011-0026_EN.html (accessed April 26, 2024).
- Henchion M, Hayes M, Mullen AM, Fenelon M, Tiwari B. 2017. Future Protein Supply and Demand: Strategies and Factors Influencing a Sustainable Equilibrium. *Foods* **6** (e53)
DOI: 10.3390/foods6070053.
- Hussain M, Qayum A, Xiuxiu Z, Liu L, Hussain K, Yue P, Yue S, Y.F Koko M, Hussain A, Li X. 2021. Potato protein: An emerging source of high quality and allergy free protein, and its possible future based products. *Food Research International* **148** (e110583)
DOI: 10.1016/j.foodres.2021.110583.
- IFOAM. 2020. Global Organic Area Continues to Grow. IFOAM. Available from <https://www.ifoam.bio/global-organic-area-continues-grow> (accessed April 25, 2024).
- Janssen F, Pauly A, Rombouts I, Jansens KJA, Deleu LJ, Delcour JA. 2017. Proteins of Amaranth (*Amaranthus* spp.), Buckwheat (*Fagopyrum* spp.), and Quinoa (*Chenopodium* spp.): A Food Science and Technology Perspective. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* **16**:39–58.
- Kamm B, Schönicke P, Hille Ch. 2016. Green biorefinery – Industrial implementation. *Food Chemistry* **197**:1341–1345.
- Khazaei H, Subedi M, Nickerson M, Martínez-Villaluenga C, Frias J, Vandenberg A. 2019. Seed Protein of Lentils: Current Status, Progress, and Food Applications. *Foods* **8** (e391) DOI: 10.3390/foods8090391.
- Kole C et al. 2015. Application of genomics-assisted breeding for generation of climate resilient crops: progress and prospects. *Frontiers in Plant Science* **6** (e563)
DOI: 10.3389/fpls.2015.00563.

- Koppelman SJ, van Koningsveld GA, Knulst AC, Gruppen H, Pigmans IGAJ, de Jongh HHJ. 2002. Effect of Heat-Induced Aggregation on the IgE Binding of Patatin (Sol t 1) Is Dominated by Other Potato Proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **50**:1562–1568.
- Kragbæk Damborg V, Krogh Jensen S, Johansen M, Ambye-Jensen M, Weisbjerg MR. 2019. Ensiled pulp from biorefining increased milk production in dairy cows compared with grass-clover silage. *Journal of Dairy Science* **102**:8883–8897.
- Kudo K, Onodera S, Takeda Y, Benkeblia N, Shiomi N. 2009. Antioxidative activities of some peptides isolated from hydrolyzed potato protein extract. *Journal of Functional Foods* **1**:170–176.
- Lam ACY, Can Karaca A, Tyler RT, Nickerson MT. 2018. Pea protein isolates: Structure, extraction, and functionality. *Food Reviews International* **34**:126–147.
- Lathuillière MJ, Johnson MS, Galford GL, Couto EG. 2014. Environmental footprints show China and Europe’s evolving resource appropriation for soybean production in Mato Grosso, Brazil. *Environmental Research Letters* **9** (e074001) DOI: 10.1088/1748-9326/9/7/074001.
- Lemaire G, Franzluebbers A, Carvalho PC de F, Dedieu B. 2014. Integrated crop–livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **190**:4–8.
- Liu X et al. 2021. The land footprint of the global food trade: Perspectives from a case study of soybeans. *Land Use Policy* **111**:105764.
- Lu ZX, He JF, Zhang YC, Bing DJ. 2020. Composition, physicochemical properties of pea protein and its application in functional foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **60**:2593–2605.
- Lübeck M, Fernández M-S. 2020. Production of leaf protein concentrates in green biorefineries as alternative feed for monogastric animals. *ScienceDirect* **268** (e114605) DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2020.114605.
- Lüscher A, Mueller-Harvey I, Soussana JF, Rees RM, Peyraud JL. 2014. Potential of legume-based grassland–livestock systems in Europe: a review. *Grass and Forage Science* **69**:206–228.
- Manyelo TG, Sebola NA, van Rensburg EJ, Mabelebele M. 2020. The Probable Use of Genus amaranthus as Feed Material for Monogastric Animals. *Animals* **10** (e1504) DOI: 10.3390/ani10091504 .
- Mendonça S, Saldiva PH, Cruz RJ, Arêas JAG. 2009. Amaranth protein presents cholesterol-lowering effect. *Food Chemistry* **116**:738–742.
- Molina E, González-Redondo P, Moreno-Rojas R, Montero-Quintero K, Sánchez-Urdaneta A. 2018. Effect of the inclusion of *Amaranthus dubius* in diets on carcass characteristics and meat quality of fattening rabbits. *Journal of Applied Animal Research* **46**:218–223.
- Møller AH, Hammershøj M, dos Passos NHM, Tanambell H, Stødkilde L, Ambye-Jensen M, Danielsen M, Jensen SK, Dalsgaard TK. 2021. Biorefinery of Green Biomass—How to Extract

and Evaluate High Quality Leaf Protein for Food? *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **69**:14341–14357.

Mota J, Lima A, B. Ferreira R, Raymundo A. 2020. Lupin Seed Protein Extract Can Efficiently Enrich the Physical Properties of Cookies Prepared with Alternative Flours. *Foods* **9** (e1064) DOI: 10.3390/foods9081064.

Muñoz EB, Luna-Vital DA, Fornasini M, Baldeón ME, Gonzalez de Mejia E. 2018. Gamma-conglutin peptides from Andean lupin legume (*Lupinus mutabilis* Sweet) enhanced glucose uptake and reduced gluconeogenesis *in vitro*. *Journal of Functional Foods* **45**:339–347.

Nguyen V, Riley S, Nagel S, Fisk I, Searle IR. 2020. Common Vetch: A Drought Tolerant, High Protein Neglected Leguminous Crop With Potential as a Sustainable Food Source. *Frontiers in Plant Science* **11** (e818) DOI: 10.3389/fpls.2020.00818.

Oomah BD. 2001. Flaxseed as a functional food source. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **81**:889–894.

Papendiek F, Tartiu VE, Morone P, Venus J, Höning A. 2016. Assessing the economic profitability of fodder legume production for Green Biorefineries – A cost-benefit analysis to evaluate farmers profitability. *Journal of Cleaner Production* **112**:3643–3656.

Paraskevopoulou A, Provatidou E, Tsotsiou D, Kiosseoglou V. 2010. Dough rheology and baking performance of wheat flour–lupin protein isolate blends. *Food Research International* **43**:1009–1016.

Pelzer E, Bourlet C, Carlsson G, Lopez-Bellido RJ, Jensen ES, Jeuffroy M-H. 2017. Design, assessment and feasibility of legume-based cropping systems in three European regions. *Crop and Pasture Science* **68**:902–914.

Peters CJ, Bills NL, Wilkins JL, Fick GW. 2009. Foodshed analysis and its relevance to sustainability. *Renewable Agriculture and Food Systems* **24**:1–7.

Petterson DS. 2000. The Use of Lupins in Feeding Systems - Review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. *Korea Science* **13**:861-882.

Pojić M, Mišan A, Tiwari B. 2018. Eco-innovative technologies for extraction of proteins for human consumption from renewable protein sources of plant origin. *Trends in Food Science & Technology* **75**:93–104.

Rauw WM, Gómez Izquierdo E, Torres O, García Gil M, de Miguel Beascoechea E, Rey Benayas JM, Gomez-Raya L. 2023. Future farming: protein production for livestock feed in the EU. *Sustainable Earth Reviews* **6** (e3) DOI: 10.1186/s42055-023-00052-9.

Ravindran R, Koopmans S, Sanders JPM, McMahon H, Gaffey J. 2021. Production of Green Biorefinery Protein Concentrate Derived from Perennial Ryegrass as an Alternative Feed for Pigs. *Clean Technologies* **3**:656–669.

Ribeiro AC, Teixeira AR, Ferreira RB. 2004. Characterization of Globulins from Common Vetch (*Vicia sativa* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **52**:4913–4920.

- Rivero Meza SL, Hirsch Ramos A, Cañizares L, Raphaelli C de O, Bueno Peres B, Gaioso CA, Egea I, Estrada Y, Flores FB, de Oliveira M. 2023. A review on amaranth protein: composition, digestibility, health benefits and food industry utilisation. *International Journal of Food Science & Technology* **58**:1564–1574.
- Sá AGA, Moreno YMF, Carciofi BAM. 2020. Plant proteins as high-quality nutritional source for human diet. *Trends in Food Science & Technology* **97**:170–184.
- Santamaría-Fernández M, Karkov Ytting N, Lübeck M. 2019. Influence of the development stage of perennial forage crops for the recovery yields of extractable proteins using lactic acid fermentation. *Journal of Cleaner Production* **218**:1055–1064.
- Santamaría-Fernández M, Molinuevo-Salces B, Kiel P, Steinfeldt S, Uellendahl H, Lübeck M. 2017. Lactic acid fermentation for refining proteins from green crops and obtaining a high quality feed product for monogastric animals. *Journal of Cleaner Production* **162**:875–881.
- Santamaria-Fernandez M, Ytting NK, Lübeck M, Uellendahl H. 2020. Potential Nutrient Recovery in a Green Biorefinery for Production of Feed, Fuel and Fertilizer for Organic Farming. *Waste and Biomass Valorization* **11**:5901–5911.
- Savonen O, Franco M, Stefanski T, Mäntysaari P, Kuoppala K, Rinne M. 2020. Grass silage pulp as a dietary component for high-yielding dairy cows. *animal* **14**:1472–1480.
- Scholljegerdes E, Kronberg S. 2007. EFFECTS OF SUPPLEMENTAL GROUND FLAXSEED ON THE GROWTH PERFORMANCE OF STEERS GRAZING SUMMER NATIVE PASTURE IN THE NORTHERN GREAT PLAINS. *American Society of Animal Science* **58**:248-251.
- Schutyser MAI, Pelgrom PJM, van der Goot AJ, Boom RM. 2015. Dry fractionation for sustainable production of functional legume protein concentrates. *Trends in Food Science & Technology* **45**:327–335.
- Schutyser MAI, van der Goot AJ. 2011. The potential of dry fractionation processes for sustainable plant protein production. *Trends in Food Science & Technology* **22**:154–164.
- Shanthakumar P, Klepacka J, Bains A, Chawla P, Dhull SB, Najda A. 2022. The Current Situation of Pea Protein and Its Application in the Food Industry. *Molecules* **27** (e5354) DOI: 10.3390/molecules27165354.
- Shen Y, Feng D, Chavez ER. 2004. Effect of flaxseed processing on its true metabolizable energy values for adult chicken. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **84**:551–555.
- Singh KK, Mridula D, Rehal J, Barnwal P. 2011. Flaxseed: A Potential Source of Food, Feed and Fiber. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **51**:210–222.
- SINGH N. 1984. Progress in leaf protein research. Proceedings of the international conference on leaf protein research, Aurangabad, 1982. Today and Tomorrow's Printers and Publishers, New-Delhi.

Soita HW, Meier JA, Fehr M, Yu P, Christensen DA, Mckinon JJ, Mustafa AF. 2003. Effects of flaxseed supplementation on milk production, milk fatty acid composition and nutrient utilization by lactating dairy cows. *Archives of Animal Nutrition* **57**:107–116.

Solati Z, Manevski K, Jørgensen U, Labouriau R, Shahbazi S, Lærke PE. 2018. Crude protein yield and theoretical extractable true protein of potential biorefinery feedstocks. *Industrial Crops and Products* **115**:214–226.

Sommer H, Sundrum A. 2012. Determining the feeding value and digestibility of the leaf mass of alfalfa (*Medicago sativa*) and various types of clover. Department of Animal Health and Animal Nutrition. Germany.

Sousa D, Larsson M, Nadeau E. 2022. Milk Production of Dairy Cows Fed Grass-Clover Silage Pulp. *Agriculture* **12** (e33) DOI: 10.3390/agriculture12010033.

Spreitzer RJ, Salvucci ME. 2002. RUBISCO: Structure, Regulatory Interactions, and Possibilities for a Better Enzyme. *Annual Review of Plant Biology* **53**:449–475.

Staněk S. 2023. ZOOTECHNIKA. eStránky. Available from <https://www.zootechnika.cz/clanky/zaklady-chovatelstvi/zaklady-fyziologie-a-anatomie/traveni-u-prezvykavcu/traveni-u-hospodarskych-zvirat.html> (accessed April 15, 2024).

Steen-Olsen K, Weinzettel J, Cranston G, Ercin E, Hertwich EG. 2012. Carbon, Land, and Water Footprint Accounts for the European Union: Consumption, Production, and Displacements through International Trade. *Environmental Science & Technology* **46**:10883–10891.

Stødkilde L, Damborg VK, Jørgensen H, Lærke HN, Jensen SK. 2018. White clover fractions as protein source for monogastrics: dry matter digestibility and protein digestibility-corrected amino acid scores. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **98**:2557–2563.

Suchý P, Straková E, Herzig I. 2006. Nutriční a dietetická hodnota tuzemských proteinových krmiv jako alternativa sóji a sójových produktů Část I - lupina. Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i. Praha.

Suchý P, Straková E, Herzig I. 2007. Nutriční a dietetická hodnota tuzemských proteinových krmiv jako alternativa sóji a sójových produktů - Část II řepka. Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i. Praha.

Suchý P, Straková E, Herzig I. 2009. Nutriční a dietetická hodnota tuzemských proteinových krmiv jako alternativa sóji a sójových produktů Část III - hrách. Výzkumný ústav živočišné výroby, v.v.i. Praha.

Tang Y, Tsao R. 2017. Phytochemicals in quinoa and amaranth grains and their antioxidant, anti-inflammatory, and potential health beneficial effects: a review. *Molecular Nutrition & Food Research* **61** (e160076) DOI: 10.1002/mnfr.201600767.

Taylor NL, Smith RR. 1980. Red Clover Breeding and Genetics. Pages 125–154 in Brady NC, editor. *Advances in Agronomy*. Academic Press.

Ústav zemědělské ekonomiky a informací. 2022. ZPRÁVA O STAVU ZEMĚDĚLSTVÍ ČR ZA ROK 2022. Ústav zemědělské ekonomiky a informací. Praha.

Visser CLM de, Schreuder R, Stoddard F. 2014. The EU's dependency on soya bean import for the animal feed industry and potential for EU produced alternatives. *OCL* **21** (eD407) DOI: 10.1051/ocl/2014021.

Walker P, Rhubart-Berg P, McKenzie S, Kelling K, Lawrence RS. 2005. Public health implications of meat production and consumption. *Public Health Nutrition* **8**:348–356.

Wilkins PW. 1991. Breeding perennial ryegrass for agriculture. *Euphytica* **52**:201–214.

Xie Z, Huang J, Xu X, Jin Z. 2008. Antioxidant activity of peptides isolated from alfalfa leaf protein hydrolysate. *Food Chemistry* **111**:370–376.

Ye X-P, Xu M-F, Tang Z-X, Chen H-J, Wu D-T, Wang Z-Y, Songzhen Y-X, Hao J, Wu L-M, Shi L-E. 2022. Flaxseed protein: extraction, functionalities and applications. *Food Science and Technology* **42** (e22021) DOI: 10.1590/fst.22021.

Zhang W, Grimi N, Jaffrin MY, Ding L, Tang B. 2017. A short review on the research progress in alfalfa leaf protein separation technology. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology* **92**:2894–2900.

Zhu H-G, Tang H-Q, Cheng Y-Q, Li Z-G, Tong L-T. 2021. Electrostatic separation technology for obtaining plant protein concentrates: A review. *Trends in Food Science & Technology* **113**:66–76.

10 Seznam obrázků

Obr 1. Schéma linky na třídění suché píče s následnou separací (Hakl et al. 2021)

11 Seznam příloh

Graf 1. : Používání bílkovin v EU v období 2016/2017 a jejich zdroje (Evropská komise 2022).