

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky



**Vliv extruze ovsa setého na nutriční hodnotu a ochotu
k příjmu u dospělých teplokrevných koní**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Jana Slováková

Vedoucí práce: Ing. Vladimír Plachý, Ph.D.

© 2016 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci " Vliv extruze ovsa setého na nutriční hodnotu a ochotu k příjmu u dospělých teplokrevných koní" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 4.3.2016

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu své diplomové práce Ing. Vladimírovi Plachému Ph.D. za ochotu při konzultacích a technickou pomoc během experimentu. Dále bych chtěla poděkovat celému týmu JK Počín, kde jsem měla možnost experiment provádět. V neposlední řadě bych také chtěla poděkovat své rodině a přátelům za podporu během psaní této práce i během celého studia.

Vliv extruze ovsa setého na nutriční hodnotu a ochotu k příjmu u dospělých teplokrevných koní

Souhrn

Oves je stále nejvíce využívanou obilninou ve výživě koní, s postupem technologií se ale rozšiřují možnosti jeho úprav. Extrudovaný oves představuje alternativu ke krmení celého a mačkaného ovsa. Jeho výhodou je jeho využitelnost, takže je možné ho krmit v menším množství.

Literární část této práce zahrnuje obecné informace o ovsu setém, výživě koní a extruzi. U ovsa se zaměřuje na složení a využití. Kapitola výživa koní je zacílena na části trávicí soustavy, které souvisí s příjmem potravy. Kapitola extruze je především o možnostech jejího využití u obilnin, zvláštní pozornost byla věnována přeměně škrobu a bílkovin během extruze. Poslední část je věnována vhodnosti krmení ovsa koním, vlastnostem extrudovaného ovsa a jeho využití ve výživě koní.

V experimentu bylo provedeno měření doby potřebné k příjmu 500 g celého nebo extrudovaného ovsa u 5 dospělých teplokrevných koní z JK Počín Dolní Počernice. Každá varianta byla měřena po dobu 7 dní.

Doba potřebná k příjmu tohoto množství celého ovsa byla 3 minuty 18 sekund \pm 8,9 sekund. Extrudovaný oves koně obtížně přijímali, proto jim začal být podáván namáčený extrudát. Takto upravené krmivo přijímali 4 koně z 5. Doba příjmu byla průměrně 2 minuty 54 sekund \pm 6,7. Celý oves koně více žvýkali, u extrudovaného někteří koně krmivo hltali.

Namočený extrudovaný oves byl přijímán rychleji než celý oves. Hypotézu jsme zamítli, protože koně vlhčený extrudát přijímali po kratší dobu v porovnání s celými zrny ovsa. U suchého extrudátu se dle literatury doba potřebná ke krmení naopak prodlužuje. Extrudovaný oves je vhodným krmivem pro koně v zátěži, starší koně, koně s problémy s chrupem nebo v období výměny chrupu, dušné a obtížně krmitelné koně. Výhodou je vyšší stabilita krmiva, která umožňuje delší skladování produktu.

Klíčová slova: oves, úprava, krmení, kůň

Influence of extrusion of oat on the nutritional value and palatability in adult warm-blood horses

Summary

Oat is still the most used grain in horse nutrition, but the options of processing are extended. Extruded oat shows an alternative to feeding whole or flaked oats. Its advantage is better utilization, so it is possible to feed smaller amount of feed.

Literary part of this writing contains general information about oats, horse nutrition and extrusion. In the oat part we focus on composition and utilization. Chapter horse nutrition is aimed on parts of digestive system, which is related to intake of feed. Chapter extrusion is mostly about the opportunity to use grain, extra attention is laid on transformation of starch during extrusion. The last part is dedicated to suitability of oat as horse feed and on features of extruded oat and its utilization in horse nutrition.

During experiment was made measurement of time needed to intake 500 g of whole or extruded oat in 5 mature warm-blood horses in JK Počin Dolní Počenic. Each form of feed was measured for 7 days.

Time of intake of this amount of whole oat was 3 minutes and 18 seconds \pm 8,9 seconds. Extruded oat was eaten with difficulty, that is why we began to feed wetted extruded oat. This way of treatment was eaten by 4 of 5 horses. Time of intake was on average 2 minutes 54 seconds \pm 6,73. Whole oat was chewed more, in extruded oats horses sometimes even gobbled.

The wetted extruded oat horses was intook faster than whole oat. Hypothesis was rejected, because horses wetted extruded oats ate faster than whole oats. In dry extruded feed is time of intake elonged according to literature. Extruded oat is feed suitable for working horses, older horses, horses with teeth problems, in time of teeth exchange, coughing horses and horses difficult to feed. Advantage is longer shelf life of feed.

Keywords: oat, processing, feed, horse

Obsah

1 Úvod	5
2 Cíl práce a hypotéza.....	6
3 Literární řešerše.....	7
3.1 Oves	7
3.1.1 Dělení.....	8
3.1.2 Oblasti výskytu	9
3.1.3 Kvalita a využití.....	9
3.1.4 Stavba zrna.....	10
3.1.5 Složení	12
3.1.5.1 Sacharidy.....	12
3.1.5.2 Bílkoviny.....	15
3.1.5.3 Tuk	16
3.1.5.4 Vitaminy.....	17
3.1.5.5 Minerály	17
3.2 Výživa koní	18
3.2.1 Trávicí soustava	19
3.2.2 Vliv druhu krmení na trávení.....	25
3.2.3 Chování koní při krmení	26
3.2.4 Příjem krmiv koněm	27
3.3 Extruze	30
3.3.1 Extruze a jiné možnosti úprav krmiv	30
3.3.2 Extrudér a technické parametry	32
3.3.3 Přeměny materiálu	35
3.3.4 Změny chuti a hygiena krmiva	39
3.4 Vliv extruze na oves	40
3.4.1 Oves a jiné obilniny ve výživě koně	40
3.4.2 Vliv extruze na oves a využití u koní	43
4 Metodika	48
5 Výsledky.....	51
6 Diskuze.....	55
7 Závěr	59
8 Použitá literatura	60
9 Přílohy.....	75

1 Úvod

Obilniny jsou důležité v celosvětové produkci potravin a krmiv. Jsou pěstovány na přibližně $\frac{3}{4}$ orné půdy na zemi. Oves je šestou nejdůležitější obilninou na světě. I když jeho využití v lidské výživě stoupá, nejvíce je stále využíván ve výživě zvířat. Krmení ovsa koním má u nás dlouhou tradici a donedávna byl často i jediným koncentrovaným krmivem podávaným koním.

Oves má jedinečné složení, které ho významně odlišuje od ostatních obilnin. Jeho objevené nutriční a dietetické vlastnosti ho předurčují k využití v lidské stravě i jako krmivo pro zvířata. Je dobrým zdrojem vlákniny, esenciálních aminokyselin, nenasycených mastných kyselin, vitaminů a minerálů.

Pokroky v technologii úprav obilnin zvyšují škálu produktů z ovsa a jejich využití. Úpravami se mění mikrostruktura ovsa a funkční charakteristiky proteinu, škrobu a vlákniny. U obilnin nás zajímá mazovatění škrobu a jeho pozitivní vliv na stravitelnost.

Nové technologie pro úpravu krmiv, jako je i extruze, jsou zajímavé pro využití ve výživě koní. Využívá se toho u sportovních koní i u těch, kteří jsou využíváni jen pro volnočasové aktivity. U těchto nových krmiv je třeba zjistit ochotu příjmu a využitelnost koněm. Krmivo může být skvěle stravitelné, ale koně ho nemusejí přijímat.

Zeman (2015) uvádí v nových technologických názvech procesů úpravy krmiv tuto definici extruze. „Extruze je tepelný proces, během něhož se vnitřní obsah vody v produktu prudce změní v páru, což vede ke zvětšení objemu výrobku, v kombinaci se speciálním tvarováním průchodem maticí.“

U koní se extruze využívá hlavně kvůli zpomalení příjmu krmiva, lepší využitelnosti, snížení prašnosti, snížení rizika kolik a možnosti podávat menší množství krmiva.

2 Cíl práce a hypotéza

Cíl práce

Porovnat vliv různě upraveného zrna ovsa na délku potřebnou k jeho zkrmení.
Neupravený nebo extrudovaný oves je zkrmován 5 teplokrevných koním ve věku 8 – 18 let.
Je sledována doba potřebná ke zkrmení 500 g ovsa.

Hypotéza

Při extruzi dojde ke zpřístupnění škrobu zrna ovsa. Vzhledem k zvětšení objemu bude doba potřebná ke zkrmení prodloužena.

3 Literární rešerše

Tato část práce představuje základní charakteristiku ovsa a látek v něm obsažených. Dále se zaměřuje na trávení koní, hlavně na příjem potravy. Další část je věnována obecně extruzi se zaměřením na extruzi obilnin. Poslední část rešerše je o aplikaci extruze na oves a následné využití při krmení koní.

3.1 Oves

Oves patří do říše rostliny (*Plantae*), do podříše cévnaté rostliny (*Tracheobionta*), oddělení krytosemenné (*Magnoliophyta*), třídy jednoděložné (*Liopsida*), řádu lipnicotvaré (*Poales*), čeledi lipnicovité (*Poaceae*) a rodu oves (*Avena*) dle Fuller (2004). Je to jeden z nejmladších druhů obilnin (Webster and Wood, 2011).

Květenstvím je lata tvořená hlavní osou a postranními větvemi, které se dále větví na větévky, na jejichž koncích se nachází klásky se třemi až čtyřmi kvítky (nahý 4 - 10 kvítků). Pouze 2 až 3 bývají plodné (Drastichová, 2005). V kláscích kvetou nejprve spodní kvítky, stejně probíhá i dozrávání (Webster and Wood, 2011). Dle Drastichové (2005) rozlišujeme odrůdy s rozloženou latou (*varieta difusa*) a staženou latou (*varieta orientalis*).

Pluchy obilky pevně obepínají nebo k ní přirůstají pouze na bázi, což velmi usnadňuje loupání. Podíl pluch tvoří 20-30 % hmotnosti obilky (Drastichová, 2005). Oves můžeme dělit dle barvy obilek na bílý a žlutý (Webster and Wood, 2011).

Oves má mohutnou kořenovou soustavu, která tvoří odnože. Listy jsou ve fázi růstu tmavě zelené a levotočivé, má vysoký jazýček a ouška většinou chybí (Webster and Wood, 2011).

Již od pradávna jsou mu přisuzovány léčivé a posilující účinky (Webster and Wood, 2011). Jeho pravidelná konzumace například omezuje riziko vzniku kardiovaskulárních onemocnění, má protizánětlivý efekt a pozitivně působí na hladinu glykémie (Menon et al., 2016). Konzumace má pozitivní efekt na imunitu zvířete a snižuje i výskyt bakteriálních infekcí. Obsahuje také řadu antioxidantů, především vitamin E (Cowan et al., 2001). Ovesná sláma je ceněna pro svoji krmnou hodnotu, která je nejlepší z běžně pěstovaných obilnin (Webster and Wood, 2011).

3.1.1 Dělení

Existuje mnoho geneticky i morfologicky odlišných druhů ovsa. Můžeme ho rozdělit až na 29 druhů dle morfologie (Hancock, 2003), ale Boczkowska et al. (2016) uvádí pouze 26 druhů. Dle Drastichové (2005) oves zahrnuje dokonce přibližně 70 druhů. Skoro všechny druhy jsou ze Středozeří a Blízkého východu (Fuller, 2004).

Boczkowska et al. (2016) uvádí 4 hlavní kulturní druhy ovsa: *Avena sativa L.*, *Avena byzantina L.*, *Avena strigosa L.*, and *Avena abyssinica L.* Nejčastěji se pěstuje hexaploidní *Avena sativa L.*, tetraploidní *Avena abyssinica* se pěstuje hlavně v Etiopii (Hancock, 2003). Dle Fullera (2004) jsou významné druhy ještě *Avena sterilis L.* a *Avena strigosa L.*

Někteří autoři rozdělují hexaploidní oves do tří druhů: *Avena sativa L.*, *Avena byzantina L.* a *Avena nuda L.* Tyto odrůdy mezi sebou mohou mít plodné potomstvo, takže se také zahrnují pod název *Avena sativa L.* (Hancock, 2003). *Avena sativa L.* byla popsána v roce 1753 (Fuller, 2004).

Kulturní hexaploidní *Avena sativa* má rozličné morfologické i cytogenetické vlastnosti a jeho přímý předek, který je známý jako divoká forma *Avena sativa*, může být nalezen i v západní Asii a Středomoří (Hancock, 2003). Mezi hexaploidními druhy lze ovšem nalézt i nekulturní druhy jako je oves hluchý (*Avena fatua*). Dnes jsou ale tyto divoké druhy již vzácné a hrozí, že úplně přestanou existovat (Boczkowska, 2016).

Dle pluchatosti lze odrůdy ovsa dělit na pluchaté a nahé. V našich podmínkách se pěstuje jarní forma ovsa setého v těchto variantách:

- varieta *aurea*, oves žlutý – zrno pluchaté, bezosinné, pluchy žluté,
- varieta *mutica*, oves bílý – zrno pluchaté, bezosinné, pluchy bílé (Drastichová, 2005).

Oves je nejčastěji bílý, ale existuje i černý nebo šedý. Barva může záviset na prostředí, kde oves roste. Je důležité rozlišit, zda se jedná o černý oves nebo například bílý oves postížený nějakou nemocí (Morgan, 2004).

U ovsa probíhá šlechtění na odrůdy, například je snaha o zvýšení obsahu tuku. Šlechtění ovsa ale probíhá v menší míře než u ostatních obilnin jako je pšenice, kukuřice nebo ječmen (Boczkowska et al., 2016).

3.1.2 Oblasti výskytu

Oblast původu není úplně jasná. Uvádí se Malá Asie, u některých druhů severní Afrika (Webster and Wood, 2011). Ačkoli pochází z Blízkého východu, ustálen jako samostatný druh byl až před 3000 lety ve střední Evropě. Byl pravděpodobně přivezen do Evropy s dalšími kulturními plodinami. Na Blízkém východě nebyl plně využíván. Svého potenciálu dosáhl oves až v chladnějších oblastech střední Evropy. Dále se rozšířil do Severní Ameriky, Argentiny a Austrálie během kolonizace (Hancock, 2003). Dnes je oves pěstován v 131 000 odrůdách v 63 zemích světa (Boczkowska et al., 2016).

Nejvíce je pěstován v chladných a vlhkých oblastech, jako je sever Evropy a Severní Amerika. V produkci ovsa dominují USA, Rusko, Kazachstán, Kanada, Francie, Polsko, Finsko, Německo a Austrálie (Fuller, 2004). Dle Hoover et al. (2003) je největším producentem i exportérem ovsa na světě Kanada. Každý rok se vyprodukuje 45 milionů tun této obilniny (Arendt and Zannini, 2013).

Oves je po rýži druhou nejvhodnější plodinou, která může růst i na chudých půdách. Při dostatečné vlhkosti může oves růst na chudých písčitéch půdách nebo na hodně kyselých půdách, ale špatně snáší sucho (Fuller, 2004).

V České republice se v současné době pěstuje hlavně hexaploidní oves na ploše 54 000 ha. Nejvyužívanějším druhem je *Avena sativa L.* (Drastichová, 2005). Tento druh zaujímá celosvětově 90 % osevních ploch ovsa (Webster and Wood, 2011). V zemích severní Evropy je spotřeba ovesných výrobků až 10krát vyšší než u nás (Drastichová, 2005).

3.1.3 Kvalita a využití

Kvalita závisí na úrovni dusíkatého hnojení, na půdě, podmínkách pěstování, agrotechnice a na době sklizně (May et al., 2004). Základními znaky jsou objemová hmotnost, vyrovnanost obilní masy, minimální podíl pluch, dokonalý zdravotní stav a nízké mikrobiální znečištění. Důležitou sensoricky hodnocenou vlastností je chuť a vůně (Holas a Plocek, 1989). Obilky by měly být tlusté, čisté, bez prachu a stejně velké (Morgan, 2004). Vzhledem k vysokému obsahu tuku hrozí nebezpečí žluknutí (Holas a Plocek, 1989).

Jedním ze základních nutričních i technologických parametrů zrna je i jeho základní chemická stavba, daná procentuálními podíly proteinu, tuku, sacharidů, vlákniny a popelovin (Moudrý, 2003).

Kvalitu krmného ovsa definuje norma ČSN 46 1200-4, která v lednu 2002 nahradila normu z března 1994.

Oves je důležitým krmivem v oblastech, kde se nedaří náročnějším plodinám, jako je sója a kukuřice. Krmení celých obilok je preferováno pro krmení koní, protože napomáhá správnému trávení (Peterson, 2004).

Oves je pěstován hlavně jako krmivo pro hospodářská zvířata a může být sklizen na zeleno a krměn čerstvý (Fuller, 2004). Pro zelené krmení se pěstuje jako monokultura i ve směskách (Drastichová, 2005). Dále se dá zkrmovat ve formě siláže. Relativně malé množství ovsa se využije pro lidskou výživu (Fuller, 2004). Ačkoli během posledních 25 let konzumace v lidské výživě významně stoupla, stále je více využíván ve výživě zvířat (Zwer, 2010).

3.1.4 Stavba zrna

Zrno je schopno mnoha rozdílných metabolických přeměn a skládá se z obalů, aleuronové vrstvy, klíčku a endospermu (Wood and Beer, 1998). Obsahuje širokou škálu chemických složek, jako jsou proteiny, škrob, lipidy, vitaminy, fenolické látky a enzymy. Každá z těchto látek má specifické místo, kde se v zrně nalézá. Obsah těchto látek se může lišit v různých variantách ovsa (Fulcher, 1986).

Obrázek zrna ovsa naleznete v příloze 1. Endosperm tvoří dle odrůdy 55 – 70 % hmotnosti zrna. Šlechtěním je snaha tento podíl zvýšit. Obsahuje hlavně zásoby škrobu, proteinů, lipidů a β -glukanů. Tyto látky jsou rostlinou využívány během klíčení. Stavba endospermu je nejjednodušší ze všech částí obilky, protože se skládá pouze z jednoho typu buněk (Fulcher, 1986). Ovesné zrno má méně endospermu i menší energetickou hodnotu než ostatní obilniny (Mrkvicová, 2006).

Klíček a aleuronová vrstva mají možnost metabolické aktivity. Aleuronová vrstva zrna je na povrchu endospermu a tvoří pouze malou část zrna. Tato vrstva je 50 - 150 μ m tlustá. Klíček obsahuje o 90 % více lysinu než endosperm (Fulcher, 1986).

Pluchy pevně uzavírají obilku, jsou přirostlé k obilce jen na bázi, takže obilky lze snadno loupat (Webster and Wood, 2011). Obaly tvoří 25 % hmotnosti a endosperm 63 % (Fuller, 2004). Wood and Beer (1998) uvádí obsah obalů 20 – 30 %, Fuller (2004) zmiňuje lehce vyšší hodnoty podílu obalů (23 – 35 %) z hmotnosti zrna.

Redaelli et al. (2001) uvádí obsah vlákniny 12,9 – 38,4 % v zrnu ovsa. MacArthur-Grant (1986) zmiňuje obsah hrubé vlákniny v ovsu 11 – 12 %. Pro využití v lidské výživě se oves loupe, obaly jsou až příliš lignifikovány, aby mohly být stráveny (Wood and Beer, 1998).

Dle Åman and Freferiksson (2001) mají slupky obsah vlákniny až 74 %, obsahují celulózu, xylany a lignin. MacArthur-Grant (1986) uvádí obsah 16,7 % ligninu a 29,4 % celulózy v obalech. Hodnota obsaženého proteinu je velmi nízká (okolo 3 % sušiny) a je špatně stravitelný (Fuller, 2004). Ovesné slupky přebývají při loupání ovsa ve mlýnech při výrobě ovesné rýže nebo ovesných vloček. Mají žlutou až žlutošedou barvu dle slupky zrna. Mají velmi nízkou výživnou hodnotu a vysoký obsah vlákniny. Využívají se pro koně nebo skot jako část doplňkových směsí (Mrkvicová, 2006).

Vyšší podíl obalů u pluchatého ovsa způsobuje větší zastoupení vlákniny, ale také pokles energetické hodnoty (Fuller, 2004). Stravitelnost se kvůli slupkám snižuje hlavně v krmných směsích pro prasata a drůbež, koně a přežvýkavci vlákninu dobře využívají (Drastichová, 2005).

Pluchy jsou dobrou ochranou zrna před mechanickým poškozením a tím i snižováním jejich kvality při následném využití. Poškozená zrna ztrácí svou přirozenou obranyschopnost a jsou snáze přístupná patogenům (Drastichová, 2005).

Ačkoli obaly tvoří menší část zrna než endosperm, více ovlivňují celkovou kvalitu ovsa. V obalech se nachází velké zásoby fyтину, vitaminů, proteinů, lipidů a vlákniny (Fuller, 2004).

Otruby mají více proteinu (10 %), protože vznikají při jemnějším opracování zrna (Fuller, 2004). Dle Åman and Freferiksson (2001) otruby obsahují okolo 40 % škrobu a 20 % vlákniny, dále obsahují β -glukany.

3.1.5 Složení

3.1.5.1 Sacharidy

Oves obsahuje 0,9 - 3,4 % jednoduchých sacharidů, patří mezi ně sacharóza, rafinóza, fruktóza a glukóza, zde jsou seřazeny sestupně dle výskytu (MacArthur-Grant, 1986). Dle Brøkner et al. (2012) obsahuje 1,8 % jednoduchých sacharidů. V porovnání s ostatními obilovinami je jejich hladina nízká. Během skladování se hydrotermickými přeměnami snižuje hladina redukcujících cukrů a stoupá množství maltózy, které bylo původně v zrně jen stopové množství (MacArthur-Grant, 1986).

Další významné složky jsou hemicelulózy, pentozany a neškrobové polysacharidy rozpustné ve vodě. Zrno obsahuje 14 % pentozanů (hlavně arabinóza a xylóza), koncentrace je vyšší v otrubách (až 29 %) než ve šrotu (4 %). Významným polysacharidem obsaženým v ovse jsou β -glukany (MacArthur-Grant, 1986).

β -glukany jsou polysacharidy složené z glukózových jednotek. Vyskytují se jako stavební složka ve stěnách buněk ovsa (Wood and Beer, 1998). Vyskytují se také u ječmene (Fuller, 2004). U ovsa se obsah pohybuje mezi 3 – 7 %, u ječmene dokonce 3 – 11 % (Wood and Beer, 1998). Radaelli et al. (2001) uvádí obsah β -glukanů v zrně ovsa 2,57 – 5,26 %. Dle Hampshire (2004) je jejich obsah 3,6 – 5,1 %. Hodnoty uváděné různými autory jsou shrnuty v tabulce číslo 1.

Obsah β – glukanů v ovesném šrotu je okolo 5 %. Ovesné otruby obsahují mezi 4,7 – 8,3 % β -glukanů (Åman and Freferiksson, 2001).

Tabulka 1 – Obsah β -glukanů v ovse

Autor, rok	Obsah β -glukanů v %
Hampshire, 2004	3,6 – 5,1
Radaelli et al., 2001	2,57 – 5,26
Wood and Beer, 1998	3 - 7

β -glukany jsou pro organismus důležité, protože snižují glykémii a inzulínovou odpověď po nakrmení. Také snižují hladinu LDL-cholesterolu v organismu. Mají probiotický efekt, částečně jsou upraveny v tenkém střevě a následně se rychle rozkládají (Åman and Freferiksson, 2001). Dále mají vliv na zmazování škrobu (Wood et al. 2004).

β -glukany se tvoří v buňkách pod aleuronovou vrstvou a v endospermu (Salmenkallio-Marttila and Autio, 2001). Dle Petersona (2004) jsou obsaženy především

v buněčných stěnách buněk endospermu, dále jsou obsaženy v obalech, které se dále zkrmuji jako otruby.

Škrob je v ovsu hojně zastoupen (Fuller, 2004). Je to složitý biopolymer (Gidley, 2001). Je to makromolekulární látka, která je finálním produktem fotosyntézy rostlin. Jeho obdobou u živočichů je glykogen. Je tvořen z polysacharidů amylozy a amylopektinu, které jsou tvořeny mnoha molekulami glukózy (Jane, 2007). Syntéza škrobu vyžaduje koordinaci několika enzymů (Zheng et al., 2015). Nejvíce se syntetizuje v zásobních orgánech, jako jsou obilky, je v nich uložena energie pro růst budoucí nové rostliny (Jane, 2007). Škrob lze ze zrna také izolovat, ale v praxi se to u ovsa příliš nevyužívá (Åman and Freferiksson, 2001).

Podíl škrobu je 42 – 53 % (Fuller, 2004). Åman and Freferiksson (2001) uvádí obsah škrobu v ovsu kolem 63 %. Dle Brøkner et al. (2012) má oves 34,3 % škrobu. Shrnutí údajů naleznete v tabulce 2.

Tabulka 2 – Obsah škrobu v ovsu

Autor, rok	Obsah škrobu v %
Åman and Freferiksson, 2001	63
Brøkner et al., 2012	34,3
Fuller, 2004	42 - 53

Škrob obsažený v ovsu je ve formě škrobových zrn, jednotlivá zrna jsou nepravidelně tvarovaná (Åman and Freferiksson, 2001). Škrobová zrna jsou u ovsa menší než u ostatních obilovin, například u pšenice (Salmenkallio-Marttila and Autio, 2001; Zheng et al., 2015). Průměr zrn je přibližně 3 - 12 μm (Åman and Freferiksson, 2001). Dle Salmenkallio-Marttila and Autio (2001) jsou zrna v průměru velká 2 – 15 μm . Hoover et al. (2003) uvádí velikost škrobových zrn u ovsa 3,8 – 10,5 μm , nejčastěji však 7,0 – 7,8 μm . Dle velikosti zrn je lze rozdělit na zrna typu A ($\geq 10 \mu\text{m}$ v průměru) a zrna typu B ($< 10 \mu\text{m}$ v průměru), toto dělení uvádí Ao and Jane (2007).

Ovando-Martínez et al. (2013) uvádí, že ovesný škrob má malá a velká zrna, která jsou buď kulatá, nebo nepravidelného tvaru. Je možné, že velká zrna jsou tvořena několika menšími (Hoover et al., 2003). Dle tohoto lze zrna dělit na jednoduchá a složená (Ji et al., 2004). Zrna tvořící složená zrna jsou malá s ostrými hranami (Shapter et al., 2008).

Škrob obsahuje dvě hlavní složky, amylozu a amylopektin. Amylóza je ve vodě rozpustný polysacharid s 1 - 4 glykosidickou vazbou (Guy, 2001). Amylóza obilnin vytváří

komplex s rostlinnými oleji a má tvar lineárního řetězce s kratšími bočními větvemi (Gidley, 2001). Amylóza obilných škrobů obsahuje v řetězci 1 000 až 2 000 glukózových jednotek, někdy se uvádí počet jednotek vyšší. Obvykle ve škrobu obilnin tvoří podíl asi 20 % (Guy, 2001). Mazovátí při teplotě 150 °C (Gidley, 2001).

Amylopektin je ve srovnání s amyložou mnohem více rozvětvený. Také se pojí 1 – 4 glykosidickou vazbou, ale přibližně po každých 25 glukózových jednotkách se objevuje jedno větvení s 1 – 6 glykosidickou vazbou. Molekula amylopektinu je tvořena z 50 000 až 1 000 000 glukózových jednotek. Není rozpustný ve studené vodě, záhřevem však mazovátí (Guy, 2001). Mazovátí při 60 – 80 °C (Gidley, 2001).

Vzájemné zastoupení u ovsa je 25 % amyložy a 75 % amylopektinu, tento poměr je podobný ostatním obilninám (Åman and Freferiksson, 2001). Guy (2001) uvádí obsah amyložy u ovsa nejčastěji 20 – 27 % a zmiňuje, že u obilnin lze obecně použít poměr 3 : 1 amyložy k amylopektinu. (Guy, 2001). Hoover et al. (2003) uvádí obsah amyložy u ovsa 10,6 – 24,5 %. Obsah amyložy se také mění v průběhu vývoje rostliny, zralé zrno ovsa obsahuje kolem 22 % amyložy (Zheng et al., 2015).

Na tvar a jiné vlastnosti škrobového zrna má vliv druh rostliny a z jaké části rostliny škrobové zrno pochází. Tvar a velikost zrn májí dále vliv na fyzikálně-chemické vlastnosti škrobu (Ao and Jane, 2007). Zrna obilnin nejsou homogenní a liší se ve středu oproti periferním částem. Amylóza se vyskytuje více na periférii zrna (Jane, 2007). U ovsa se také dají pozorovat unikátní morfologické změny škrobových zrn v průběhu růstu endospermu (Zheng et al., 2015). Krátké větvené řetězce amylopektinu destabilizují strukturu zrna a ovlivňují jeho tvar, který může být cylindrický nebo konický (Jane, 2007).

Ovesný škrob z různých druhů ovsa se liší v obsahu amyložy, teplotě, při které zmazovátí a citlivosti vůči kyselé hydrolyze. Tyto faktory jsou ovlivněny různými vazbami, větvením a délkou řetězců amylopektinu (Hoover et al., 2003).

3.1.5.2 Bílkoviny

Obsah proteinu v ovsu je vyšší než u ostatních obilnin (Peterson, 2004). Mrkvicová (2006) uvádí střední obsah dusíkatých látek v porovnání s ostatními obilninami. Hrubého proteinu je v zrně ovsa 7,9 – 14,9 % a jeho obsah je ovlivněn mírou hnojení dusíkem (Fuller, 2004). Dle Moudrého (2003) se obsah může pohybovat od 14 do 23 %. Åman and Freferiksson (2001) uvádí obsah hrubého proteinu 13 %. Redaelli et al. (2001) zmiňuje obsah proteinu 11,4 – 18,3 %. Peterson (2004) uvádí obsah proteinu v ovsu pěstovaném v Severní Americe 15 – 20 %, v ovsu ze severní Evropy udává nižší obsah proteinu. Dle Hampshire (2004) se obsah proteinu pohybuje mezi 12 – 17 %, jako minimální hodnota je požadováno 12 % bílkovin. Shrnutí uváděných hodnot naleznete v tabulce číslo 3.

Tabulka 3 – Obsah hrubého proteinu v ovsu

Autor, rok	Obsah proteinu v %
Fuller, 2004	7,9 – 14,9
Moudrý, 2003	14 – 23
Åman and Freferiksson, 2001	13
Redaelli et al., 2001	11,4 – 18,3
Peterson, 2004	15 – 20
Hampshire, 2004	12 – 17

Obecně je protein z ovsa méně kvalitní, protože má nízké hladiny esenciálních aminokyselin lysinu (4,9 g/1 kg sušiny), methioninu (2,7 g/1 kg sušiny), histidinu (3,1 g/1 kg sušiny) a tryptofanu (2,0 g/1 kg sušiny). Hojně zastoupená v proteinu je kyselina glutamová (19,5 - 30,0 g/1 kg sušiny), tyto údaje uvádí Fuller (2004).

Peterson et al. (1986) dělí bílkoviny ovsa na 4 kategorie: albuminy (obsahují enzymy), globuliny (největší skupina, zásobní funkce), prolaminy a gluteniny. Zhao et al. (2004) také uvádí, že největší zásobní proteinovou frakcí u ovsa jsou globuliny. Albuminy jsou malé a rozpustné ve vodě. Globuliny jsou malé a rozpustné ve fyziologickém roztoku. Střední velikost mají gliadiny, které jsou příbuzné s prolaminou, jsou rozpustné ve 40% alkoholu. Gluteniny jsou největší polymery, jsou nerozpustné i v 40 % alkoholu (Guy, 2001).

3.1.5.3 Tuk

Obsah tuku v ovsu je vyšší než v ostatních obilninách (Mrkvicová, 2006). Oves má 2 – 5krát více tuku než například pšenice (Doehlert et al., 2010). Složení tuku je velmi podobné tuku v jiných obilninách (Ekstrand et al., 1993). Tuk je koncentrován hlavně do endospermu, je ho tam přibližně 60 % z celkového obsahu tuku. Celkově je ho v zrně obsaženo 2 - 8 % (Fuller, 2004). Dle Moudrého (2003) se obsah tuku pohybuje od 5 do 10,5 %. Dle Hampshire (2004) je v ovsu 6 – 10 % tuku. Dle autorů Åman and Freferiksson (2001) a Peterson (2004) je obsah tuku v ovsu 7 %. Dle Brøkner et al. (2012) oves obsahuje kolem 6,3 % tuku. Shrnutí obsahu tuku naleznete v tabulce číslo 4.

Tabulka 4 - Obsah tuku v ovsu

Autor, rok	Obsah tuku v %
Fuller, 2003	2 – 8
Moudrý, 2003	5 – 10,5
Hampshire, 2004	6 – 10
Åman and Freferiksson, 2001	7
Peterson, 2004	7
Brøkner et al., 2012	6,3

Obsahuje hlavně nenasycené mastné kyseliny, z čehož z 39 % kyselinu olejovou a z 42 % kyselinu linolovou (Fuller, 2004). U ovsu je tuk nosičem energie a má vliv na nutriční kvalitu (Zhou, 1999).

Šlechtěním je možné změnit poměry mastných kyselin a to zvýšit podíl kyseliny olejové a snížit podíl kyselin palmitové a linoleové (Cowan et al, 2001). Oves je dobrým zdrojem nenasycených mastných kyselin (Doehlert et al., 2010).

Je bohatý na lipázu, lipoperoxidázu a ostatní hydrolytické enzymy. Po čase enzymy způsobí hydrolýzu tuků obilky, ty žluknou a získávají hořkou chuť. Tyto enzymy je proto vhodné inaktivovat, nejčastěji se využívají hydrotermické procesy (Doehlert et al., 2010).

3.1.5.4 Vitaminy

Oves je bohatý na thiamin, nikotinamid a pantothenovou kyselinu (Fuller, 2004). Ještě obsahuje další vitaminy, jako jsou riboflavin, pyridoxin, kyselina listová a biotin (Peterson, 2004)

Ovesný tuk obsahuje α - tokoferol a α -tokotrienol, které tvoří vitamin E. Vyskytují se hlavně ve vnějších vrstvách obilky (Peterson, 2001). V ovesném šrotu je obsaženo více vitamínu než v otrubách (Emmons and Peterson, 1999). Při ponechání obalů při dalším tepelném zpracování se zvyšuje zastoupení vitamínu E oproti variantám bez obalů (Dimberg et al., 1996). Při autoklávování ovesných zrn včetně obalů se zvýšily hladiny tokoferolů i tokotrienolů. Úpravami jako je vločkování dochází ke snižování obsahu tohoto vitamínu (Bryngelsson et al., 2002). Obsah vitamínu E v ovsu také záleží na délce a podmínkách skladování. Při chybném a dlouhodobém skladování jeho obsah klesá (Hampshire, 2004). Význam vitamínu E není zcela objasněn, ale je známé, že chrání buňky před oxidací volnými radikály a zabraňuje lipoperoxidaci. Dále snižuje hladinu cholesterolu a inhibuje růst rakovinotvorných buněk. Využit může být jako konzervant při uchovávání tuku (Peterson, 2004).

Dále se sleduje obsah thiaminu, jeho obsah záleží na podmínkách pěstování (Hampshire, 2004).

3.1.5.5 Minerály

Åman and Freferiksson (2001) uvádí obsah popelovin v ovsu 2 %. Dle Brøkner et al. (2012) je to 2,6 % popelovin.

Obsah minerálních látek v ovsu je podobný ostatním obilovinám. Nejvíce jsou tyto látky zastoupeny v otrubách (Peterson, 2004). Fosfor je v ovsu obsažen jako v ostatních rostlinách ve fytátové formě (Drastichová, 2005).

Obsah minerálů může zvýšit dusíkaté hnojení a to konkrétně u zinku, mědi a železa. Naopak na obsah vápníku, hořčíku a fosforu dusíkaté hnojení vliv nemá, obsah draslíku a manganu se lehce snižuje. Důvodem vyšší absorpce může být okyselení a změny v iontové struktuře, které vede k vyšší absorpci stopových prvků do rostliny (Eurola et al., 2004).

3.2 Výživa koní

Znalost fyziologie trávicího traktu koně je důležitá při výběru vhodných krmiv pro tato zvířata. Například když chceme stanovit poměr objemného a jadrného krmiva, musíme zohlednit kapacitu příjmu krmiva a i aktuální zátěž koně (Julliand et al, 2008).

Organismus koně potřebuje pravidelně přijímat potravu, ve které jsou obsaženy esenciální živiny. To jsou takové živiny, které si kůň neumí sám syntetizovat. Koně musí v potravě přijímat: sacharidy, lipidy, proteiny, vitaminy, minerály a vodu. Kůň potřebuje přijímat energii pro záchovu, růst a výkon. Strava koně by měla být vyrovnaná a podávána v odpovídající denní dávce. Je důležité zohlednit kategorii koně, zda je rostoucí, březí, laktující, v zátěži, bez zátěže a tak dále (Davies, 2009).

Obilniny se podávají dle potřeby, zátěže a kategorie koně. Také je důležité, aby kůň neměl problémy se zuby a byl pravidelně odčervován, jinak nemohou být krmiva náležitě využita (Hintz, 2001).

Aktuální trendy se zaměřují na vysokou stravitelnost krmiv, vede k tomu potřeba dostatku energie u sportovních koní. Ti bývají krmeni větším množstvím koncentrovaného krmiva, což může vést k trávicím problémům (Cichorska et al., 2014). Koncem dvacátého století stoupla spotřeba komerčně vyráběných krmiv pro koně (Hintz, 2001).

Bere se také ohled na individuální rozdíly mezi jednotlivými zvířaty. Není možné přesně naplnit potřebu živin koně, když neznáme přesnou využitelnost krmiv. U koní se nevyužívá k měření stravitelnosti nylonových sáčků z etických důvodů nebo prosté nemožnosti využití například u sportovních koní. Vzrůstající význam má indikátorová metoda (Cichorska et al., 2014).

3.2.1 Trávicí soustava

Trávicí ústrojí koně se skládá z těchto částí: dutina ústní, hltan, jícn, žaludek, tenké střevo, slepé střevo, tlusté střevo a konečník (Meyer and Coenen, 2003).

Koně při příjmu potravy používají smysly a paměť (Morgan, 2004). Využívají smysly, jako jsou hmat, čich, chuť a zrak. Hmat vnímají prostřednictvím hmatových chlupů na pyscích (Ellis and Hill, 2005). Pysky (*labia oris*) jsou velmi pohyblivé, umožňují přístup řezáků k travnímu porostu. Koně píci trhají pomocí řezáků a pysky napomáhají posunutí dál na jazyk (Davies, 2009). Horní pysk umožňuje následné uchopení trávy řezáky (Frape, 2004). Díky pyskům si mohou vybírat potravu. Na pastvě preferují některé rostliny trav nebo jetelovin. Mohou se tím také vyhnout jedovatým rostlinám. Tato schopnost je u koně velmi důležitá, protože se s těmito látkami vyrovnává hůře než například přežvýkavci.

V tomto je značnou nevýhodou pro koně neschopnost zvracet (Morgan, 2004). Rozlišením předmětů pysky se kůň také brání pozření cizího tělesa (Meyer and Coenen, 2003). Pysky jsou silné, ale zároveň citlivé a zvládnou přijímat i jednotlivé malé kousky potravy (Ellis and Hill, 2005). Meyer and Coenen (2003) uvádí, že koně přijímají potravu převážně pysky a jazykem. Jen příležitostně, při požívání pevné potravy jako jsou větve nebo řepa, se dle nich uplatní také řezáky. Dle Duška a kol. (2007) kůň využívá řezáky při pastvě k předkusování travního porostu.

Koně mají silný a svalnatý jazyk, na něm se nachází chuťové buňky. Jeho úkolem je posouvat potravu do jícnu, napomáhá pití (Morgan, 2004). Jeho další funkcí je posun potravy do stran, aby došlo následně k mělnění potravy prostřednictvím zubů (Frape, 2004). Při pití využívají koně tváře a jazyk k vytvoření podtlaku v ústní dutině (Davies, 2009). Jazyk je svalnatý a skládá ze tří skupin svalů, ty umožňují pohyby jazyka směrem ven i dovnitř dutiny ústní, stranové pohyby i snížení směrem k dolní čelisti (Ellis and Hill, 2005).

Koně mají tři páry slinných žláz, ty důkladně prosliní potravu před vstupem do jícnu. Při konzumaci ovsa se hmotnost potravy zvýší o přidané sliny dvojnásobně a u sena dokonce čtyřnásobně (Morgan, 2004). Více slin se produkuje při konzumaci suchého krmiva (Davies, 2009). Produkce slin závisí na druhu objemného i koncentrovaného krmiva (Santos et al., 2011). Sliny obsahují bikarbonát, který má pufruční schopnost a neutralizuje kyselinu chlorovodíkovou v žaludku (Davies, 2009).

Koně přijímající seno vyprodukují denně až 25 litrů slin (Davies, 2009). Frape (2004) uvádí, že koně denně vyprodukují 10 – 12 litrů slin. Dušek a kol. (2007) uvádí produkci slin 20 – 40 litrů za den dle konzistence krmiva.

Tvorba slin závisí na přijímané potravě. Velcí koně tvoří 40 – 90 ml slin za minutu a menší koně 20 – 40 ml. Na 1 kg objemného krmiva vyloučí více slin (3 – 5 kg), než na stejné množství koncentrovaného krmiva (1 – 1,5 kg). Denní množství slin může dosáhnout až 5 kg na 100 kg živé hmotnosti zvířete (Meyer and Coenen, 2003). Sliny usnadňují průchod sousta trávicím traktem a spolu s potravou vytvářejí kompaktní bolus (Morgan, 2004). Důležitou funkcí slin je zvlhčení potravy (Dušek a kol., 2007).

Koňské sliny obsahují amylázu, která začíná trávení sacharidů (Morgan, 2004). Dle Duška a kol. (2007) obsahují ptyalin, který štěpí škrob na maltózu. Meyer and Coenen (2003) uvádí, že ve slinách koně žádné enzymy přítomné nejsou.

V dutině ústní se tvoří sousta vážící 50 – 70 g, která kůň polyká zhruba ve 30 vteřinových intervalech (Meyer and Coenen, 2003). Dušek a kol. (2007) uvádí hmotnost sousta asi 10 – 20 g dle typu koně. Podíl sušiny v soustech závisí na druhu krmiva a pohybuje se mezi 15 – 20 % u objemných a mezi 25 – 40 % u koncentrovaných krmiv (Meyer and Coenen, 2003).

Zuby koně rostou po celý život a obrušují se při příjmu potravy. Koně mají mléčný chrup (bělejší zuby) a trvalý chrup (víc zažloutlé zuby). Mléčný chrup neobsahuje stoličky. Výměna mléčného chrupu za trvalý je obvykle hotová v 5 letech koně. Zuby koně ovšem průběžně dorůstají po celý život (Davies, 2009).

Zuby koně mají za úkol mělnit potravu na části, které budou dále dobře tráveny. Cílem jsou malé částičky, kterými se vytvoří větší povrch a tím pádem je potrava lépe přístupná trávicím enzymům. Koně se špatným stavem zubů mívají proto horší schopnost trávit potravu (Morgan, 2004).

Horní čelist je lehce širší než dolní (Morgan, 2004). K mělnění dochází pohybem dolní čelisti všemi směry, horní čelist je nepohyblivá a pevně spojená s lebkou (Dušek a kol., 2007).

Koně potravu velmi důkladně žvýkají a mělní ji na malé části (Morgan, 2004). Koně žvýkají potravu vždy jen na jedné straně čelisti a strany pravidelně střídají (Meyer and Coenen, 2003).

Žvýkáním se částice zmenší na velikost obvykle menší než 1,6 mm. Dvě třetiny částic potravy přicházející do žaludku jsou menší než 1 mm (Frape, 2004). Meyer and Coenen (2003) uvádí, že objemné suché krmivo se rozmělní na kousky velké 1 - 4 mm o průměru maximálně 2 mm. U vlhkého a měkkého krmení (tráva) jsou kousky o něco větší.

Žvýkání sena je, co se týká pohybů čelisti, třikrát náročnější než žvýkání jádra o stejné hmotnosti (Morgan, 2004). Santos et al. (2011) zkoumali intenzitu žvýkání dle krmiva, v experimentu měli 4 druhy píce a 4 druhy koncentrovaného krmiva. Žvýkání se zřetelně lišilo dle předkládaného krmiva (Santos et al., 2011). Spotřeba energie vynaložená na činnost svalů účastnících se žvýkání středně kvalitního sena je 10 % z energetické hodnoty přijímaného krmiva (Dušek a kol., 2007).

Koně svým chrupem snadno rozkoušou a rozmělní obilná zrna, pelety různé velikosti i drobná travní semena. U těchto krmiv není nutná jejich předchozí úprava, pokud má kůň chrup v dobrém stavu (Meyer and Coenen, 2003).

Koně žvýkají potravu důkladně, ale o něco pomaleji než přežvýkavci. Při konzumaci dlouhých stébel sena kůň žvýkne za minutu 73 – 92krát a ovce 73 – 115krát (Frape, 2004). Meyer and Coenen (2003) uvádí, že velká plemena koní žvýkají 60 – 70krát za minutu. Kůň udělá za den až 60 000 žvýkacích pohybů, poníci žvýkají dokonce více (Morgan, 2004). Frape (2004) uvádí, že koně udělají 800 – 1 200 pohybů na 1 kg potravy při konzumaci koncentrovaného krmiva a 3 000 – 3 500 pohybů při příjmu 1 kg objemného krmiva s dlouhými stébly. Poníci žvýkají více, u 1 kg koncentrovaného krmiva to je 5 000 – 8 000 pohybů a u objemného krmiva ještě více (Frape, 2004). Doba potřebná k příjmu 1 kg ovsu nebo peletované krmné směsi trvá koni v průměru 10 minut. Při příjmu sena potřebuje na 1 kg 40 – 50 minut, mezi zvířaty existují individuální rozdíly. Například menší koně žerou pomaleji, ve srovnání s velkými plemeny potřebují k příjmu 1 kg ovsu až čtyřikrát více času. Často mívají problém s udržení zrna mezi žvýkacími plochami stoliček (Meyer and Coenen, 2003).

Jedno žvýknutí koně odpovídá příjmu 2,5 mg sušiny, dokonce bylo naměřeno už i méně (Frape, 2004). Na zpracování jednoho sousta potřebuje kůň 40 – 60 sekund a 30 – 60 žvýkacích pohybů (Dušek a kol., 2007).

Během žvýkání je vyvinut na potravu velký tlak a dochází i k vytlačení vody z potravy. Tím se uvolňují živiny, které jsou dále tráveny (Meyer and Coenen, 2003).

Na zubech mohou vznikat ostré hrany, které mohou poškozovat tváře nebo jazyk. Koně s problémy se zuby přijímají méně potravy a hubnou. Koně potom často polykají hůře přežvýkanou stravu, tyto větší části potravy mohou ucpat jícen a způsobit koliky. Proto je důležité nechávat koním pravidelně kontrolovat zuby, obzvlášť je to důležité u starších zvířat a těch, kteří jsou krmeni koncentrovanou krmnou dávkou. Špatný stav zubů lze poznat i ve výkalech, kde se objevují větší části píce a celá, nenarušená zrna (Morgan, 2004).

Problémy s chrupem se také mohou projevovat vypadáváním potravy během žvýkání a vrzáním zubů během konzumace krmiva. Starým koním často již některé zuby chybí a potom vzniká problém s přijímaným krmivem, píče by měla být nařezána na menší kusy a ostatní krmení by mělo být měkké například ve formě mashe (Davies, 2009).

Tyto abnormality na chrupu vznikají dlouhodobě nepravidelným žvýkáním, každý kůň má svůj žvýkací vzorec (Samley et al., 2011). Poškozené zuby mohou vznikat, když zvíře málo žvýká, má patologické změny čelistního kloubu, žvýkacích svalů nebo jiných zubů. Změny vznikají na vnějších okrajích stoliček horní čelisti a na vnitřní straně stoliček dolní čelisti (Meyer and Coenen, 2003). Pravidelnost žvýkacích pohybů se značně zlepšila po kontrole chrupu veterinářem a obroušení ostrých hran.

Dle Niederl et al. (2006) se po úpravě žvýkání koně zlepšilo, jedno žvýknutí při příjmu sena před úpravou chrupu trvalo průměrně 0,69 s a po obroušení ostrých hran chrupu již jen 0,66 (Niederl et al., 2006). Úprava chrupu může mít vliv i na stravitelnost krmné dávky. Koně po úpravě zubů přijímali ochotněji koncentrované krmivo (směs ovsu, ječmene a kukuřice). Korekce zubů v tomto pokusu neměla žádný vliv na velikost částic obsažených ve výkalech (Zwirgmaier et al., 2013).

Po polknutí pokračuje sousto peristaltickými pohyby jícnem směrem k žaludku (Morgan, 2004). Pohyb usnadňuje i výměšek hlenových žláz, které jsou uloženy v jícnové předsíni. Transport trvá 20 – 30 sekund (Dušek a kol., 2007). Jícen je svalnatá trubice měřící okolo 120 až 150 cm, která leží na levé straně krku (Davies, 2009).

Kůň má složitý jednokomorový žaludek (Dušek a kol., 2007). Jeho funkcí je promíchávání tráveniny a trávení. Okolo vstupu do žaludku je svěrač, česlo, které zabraňuje zvracení, koni by dřív praskl žaludek než by začal zvracet (Morgan, 2004).

Trávení v žaludku je proces součinnosti enzymů obsažených v potravě, v mikroorganismech a žaludečních šťáv (Meyer and Coenen, 2003). V žaludku se produkuje kyselina chlorovodíková, která okyseluje prostředí a mění pepsinogen na pepsin. Pepsin dále tráví bílkoviny (Morgan, 2004). Enzymy jsou produkovány v závislosti na naplnění žaludku, vliv má tlak potravy na žaludeční stěnu (Frape, 2004). Kyselina chlorovodíková také zabíjí bakterie obsažené v potravě (Davies, 2009). Produkce kyseliny chlorovodíkové pokračuje, i když žaludek není naplněn. Při prázdném žaludku se hodnota pH pohybuje kolem 1,5 – 2. Při příjmu potravy se produkují sliny, které mají puфраční schopnost, dle typu potravy a části žaludku se potom pH pohybuje mezi 2,6 - 5,4 (Frape, 2004). Produkce trávicích šťáv v žaludku je 10 – 30 litrů denně (Frape, 2004).

Koňský žaludek je v poměru k tělu malý, tvoří pouze 10 % trávicí soustavy koně (Morgan, 2004, Frape, 2004), dle Cunha (1991) je to 8 – 10 %. Objem žaludku koně je 10 – 13 litrů (Davies, 2009). Dle Meyer and Coenen (2003) má žaludek objem 15 – 20 litrů.

Tenké střevo koně je poměrně krátké, měří 21 – 25 metrů a má objem 55 – 70 litrů (Davies, 2009). To tvoří přibližně 30 % trávicího traktu koně (Cunha, 1991). Skládá se ze tří částí: duodena, které měří přibližně 1 metr, z jejuny, které měří přibližně 1 metr a z ilea, které měří okolo 20 metrů (Davies, 2009).

Hlavní funkcí je rozklad živin a vstřebávání do krve. Tráví se tam sacharidy na jednodušší, tuky na mastné kyseliny a bílkoviny na aminokyseliny. Škrob nezměněný amylózou obsaženou ve slinách se mění na maltózu (Morgan, 2004).

Slinivka břišní tvoří neustále pankreatickou šťávu, kůň má v porovnání s ostatními živočichy v této šťávě poměrně málo enzymů. Denně se vylučuje v množství mezi 5 až 10 % živé hmotnosti koně (Meyer and Coenen, 2003). Pankreatická šťáva obsahuje kromě malého množství enzymů větší množství sodíku, draslíku, chloridů a bikarbonátu (Frape, 2004). Produkce α -amylázy je v porovnání s ostatními monogastry nízká, proto je vhodné jim podávat upravené obilniny, aby se zvýšila stravitelnost škrobu (Davies, 2009). Produkce α -amylázy je jen 5 - 6 % produkce stejného enzymu prasetem. Koně mají průměrnou produkci sacharázy, nejvíce je aktivní v proximální části tenkého střeva. V porovnání s ostatními býložravými nepřežvýkavci mají koně vysokou produkci maltázy. Maltáza se uplatňuje rovnoměrně v celém tenkém střevě. Škrob se tráví a vstřebává z víc jak 50 % již precekálně, úpravy obilnin toto procento zvyšuje (Frape, 2004). Glukóza se dále vstřebává pasivním nebo aktivním způsobem (Davies, 2009).

Kůň nemá žlučník, žluč je vylučována průběžně, ve velkém množství bez zahuštění přímo do tenkého střeva, přesněji dvanáctníku. Obsahuje bikarbonát a emulguje tuky (Meyer and Coenen, 2003).

Když kůň dostane najednou větší dávku koncentrovaného krmiva bohatého na škrob, mohou hodnoty pH v tenkém střevě v důsledku zvýšené tvorby kyseliny mléčné klesnout na 6 i níže. Nehledě na možné poškození střevní sliznice a narušení peristaltiky to znamená snížení účinnosti trávicích enzymů, pro jejichž působení je optimální pH 7 – 8 (Meyer and Coenen, 2003).

Tlusté střevo koně je objemný orgán, zřetelně rozdělený na slepé střevo (caecum), velký a malý tračník a konečník (Meyer and Coenen, 2003). Slepé střevo je dlouhé přibližně 1 metr a má objem 25 – 35 litrů (Frape, 2004). Davies (2009) uvádí délku slepého střeva přibližně 1,25 metr a objem stejný 25 – 35 litrů. Celé tlusté střevo měří okolo 8 metrů, velký tračník z toho zabírá 3 – 4 metry. Malý tračník má přibližně 3,5 metru. Velký tračník má objem přibližně 100 litrů (Davies, 2009). Celkově tato část tvoří 60 – 62 % trávicího traktu koně (Cunha, 1991). Průměrné pH ve slepém a tlustém střevě je 6 (Bonhomme-Florentin, 1988).

Býložravci mají vždy přizpůsobenou nějakou část trávicí soustavy k fermentaci složitých sacharidů prostřednictvím mikroorganismů, u koně to je tlusté střevo. Žádný domestikovaný savec neprodukuje enzymy, které by byly schopny trávit molekuly celulózy, hemicelulózy a ligninu na části, které jsou využitelné organismem. Bakterie, houby a protozoa obsažené v trávicím traktu koně to ovšem dokáží (Frape, 2004). Počet bakterií je srovnatelný s obsahem bacheru u přežvýkavců (Meyer and Coenen, 2003).

Činností mikroorganismů vznikají například těkavé mastné kyseliny, kyselina mléčná, plyny, bílkoviny a také vitaminy rozpustné ve vodě. Jedná se hlavně o vitaminy skupiny B a vitamin K (Meyer and Coenen, 2003). Důležitou funkcí je i zpětná resorpce vody, absorpce soli a malého množství vápníku a fosforu (Davies, 2009).

Mikroorganismů je mnoho druhů a důležitý je i jejich vzájemný poměr. Jejich výskyt záleží na druhu přijímané potravy. Důležitý je poměr bakterií vyrábějících těkavé mastné kyseliny a bakterií produkujících kyselinu mléčnou. Při větším příjmu jadrných krmiv vzniká více kyseliny mléčné (Davies, 2009). Pokud mají krmiva příliš škrobu, vede to ke vzniku změn v poměru funkčních druhů bakterií, což může vést ke kolikám i ke smrti zvířete (Dicks et al., 2014).

V posledním úseku trávicí soustavy, v malém tračníku a konečníku, se resorbuje voda a obsah střeva se tím zahustí. Kapsovitě vychlípeniny malého tračníku dodávají koňským výkalům charakteristický tvar (Meyer and Coenen, 2003). Tělo se prostřednictvím výkalů zbavuje nevyužitého krmiva (Davies, 2009).

3.2.2 Vliv druhu krmení na trávení

Druh přijímaných krmiv a trávení jsou spolu v úzkém vztahu. Změny krmné dávky mění fungování trávicího traktu, který se novému krmivu musí přizpůsobit. Ideální jsou postupné a pomalé změny, aby měla trávicí soustava dost času a začala efektivně trávit nové krmivo. Rychlé změny krmné dávky a nepravidelné krmení může vést ke vzniku problému v trávení, jako jsou koliky nebo žaludeční vředy u koní aneb EGUS – Equine Gastric Ulcer Syndrome (Julliand et al., 2006).

Koně jsou býložravci, základem jejich krmné dávky jsou objemná krmiva ať ve formě čerstvé píce nebo konzervované, jako je seno nebo siláž. Množství energie, kterou je kůň schopen přijmout z krmiv nabízených ad libitum, záleží:

- na ochotě krmivo přijímat: množství, které kůň spontánně přijímá;
- na stravitelnosti krmiv: podíl hmoty, kterou je kůň schopen využít během trávení (Martin-Rosset, 2015).

Objemné krmivo se pro koně se zvýšenými požadavky na energii doplňuje krmivy s vyšším podílem lehce využitelné energie. Tato krmiva jsou bohatá na škrob a bílkoviny. Mohou to být obilniny, ovoce, kořenová zelenina a jejich produkty. Dobrovolný příjem objemných krmiv je ovlivněn velikostí příkrmu koncentrovaných krmiv. Nikdy by ovšem neměl být podíl objemných krmiv nižší než 20 % krmné dávky kvůli správnému fungování zažívacího traktu (Martin-Rosset, 2015).

Doba průchodu potravy trávicím ústrojím koně záleží hlavně na druhu přijatého krmiva. Obecně platí, že seno prochází trávicí soustavou rychleji než jadrné krmivo. Při větších krmných dávkách potom rychleji než při malých. Z celkové doby nutné k průchodu potravy trávicím ústrojím připadá největší část (kolem 85 %) na průchod tlustým střevem (Meyer and Coenen, 2003).

3.2.3 Chování koní při krmení

Chování při krmení se liší u koní chovaných na pastvě a u boxově ustájených koní. Koně, kteří jsou na pastvě, se volně pohybují a většinou jich je více jedinců. Příjem potravy lze ovlivnit dostupností pastvy a podmínkami prostředí. Koně chovaní ve stáji jsou buď na stání, nebo v boxech a dostávají odměřenou krmnou dávku, jejich potravní chování je velmi ovlivněno lidmi (Martin-Rosset, 2015).

Sportovní koně jsou obvykle chováni ve stájích a mají omezený přístup na pastvu (Jullian et al., 2008). Domestikace a stájové ustájení narušují původní stravování koně. Přirozeně kůň konzumuje velké množství objemného krmiva, které je dnes uměle nahrazeno krmivem koncentrovaným (Cooper et al., 2005). Když se koním ve stájích předkládá pestrá strava, také si vybírají. Jako většina pasoucích se býložravců, koně si vybírají potravu na základě vizuálních podnětů, zápachu, chuti, struktury, dostupnosti a rozmanitosti zdrojů (Goodwin et al., 2005).

Nedostatek možností se zabývat výběrem krmiva může vést ke vzniku stereotypů v chování. Proto by koně měli mít k dispozici dostatek objemného krmiva, aby se redukovalo jejich stereotypní chování (McGreevy et al., 1995). Creighton and Hockenhull (2010) uvádějí, že 49 % koní je před krmením frustrovaných, 44 % je agresivních a 39 % koní se chová stereotypně. Krmení objemného krmiva ad libitum omezuje agresivní chování před krmením koncentrovaným krmivem.

Koně s malým příjmem vlákniny v krmné dávce okusují více dřevěné stěny boxu a mohou i požírat své vlastní výkaly. Problémem je konzumace většího množství koncentrovaných krmiv na úkor objemných. Koncentrovaná strava koně zabaví pouze po krátký čas (Ellis and Hill, 2005).

Cooper et al. (2005) zkoumali vliv počtu krmení denně na stereotypní chování u koní. Z původních 2 krmných dávek denně udělali 4 nebo 6 krmných dávek. Počet stereotypů během dne se snížil, ale zvýšil se počet stereotypních chování před samotným krmením. Koně z kontrolní skupiny začali také projevovat víc stereotypního chování během doby, kdy jiní koně přijímali potravu a oni ne.

3.2.4 Příjem krmiv koněm

Na příjem krmiv koněm má vliv mnoho faktorů. Jedním z nich je i individualita jedinců. Koně se liší v příjmu koncentrovaného i objemného krmiva. Někteří koně radši konzumují větší množství objemného krmiva (Cunha, 1991).

Naplnění trávicího traktu závisí na druhu a množství přijaté potravy (Meyer and Coenen, 2003). Vliv na příjem krmiv mají i faktory jako jsou sensorické vnímání krmiva (chutnost), psychický stav a pocit sytosti. Ovlivňuje ho také temperament a aktuální váha zvířete (Martin-Rosset, 2015).

Záleží také na vlivu okolního prostředí. Příjem se zvyšuje při chladném počasí a klesá při vyšších teplotách. Příjem krmiv také klesá s přítomností stresu, jako je přeprava, změna prostředí a podobně. Množství přijímaného krmiva je také snadno ovlivnitelné vyrovnaností krmné dávky, napájením, dostatkem proteinu, imbalancemi minerálních látek nebo trávicími problémy, které mohou být způsobeny i parazity (Meyer and Coenen, 2003).

Příjem se může lišit až o 20 % mezi jedinci stejného plemene a váhy, kteří přijímají totožnou krmnou dávku a jsou stejně pracovní využívaní. Tato variabilita může ukazovat rozdíly mezi kapacitou trávicího traktu, efektivnosti trávení a metabolickou využitelností živin (Martin-Rosset, 2015).

Je ověřeno, že chuť má vliv na příjem krmiv u koní (Goodwin et al., 2005). Pro zvířata je přirozené vyhledávat sladkou chuť (Cairns et al., 2002; Owen, 1992). Proto se některá upravovaná krmiva dále ochucují (Owen, 1992). Koně v experimentu Goodwin et al. (2005) přijímali různé příchutě, nejen ty běžně nabízené na trhu. Nejlépe byly akceptovány příchutě banán, třešeň, rozmarýn, kmín, mrkev, máta a oregano. Naopak třapatka nachová, muškátový oříšek a koriandr nebyly jednotlivými zvířaty přijímány vůbec, tak byly z experimentu vyřazeny. Kennedy et al. (1992) ochucovali zrna ovsa a koně preferovali příchutě jablko, třešeň a citrus. Cairns et al. (2002) uvádí preferenci chuti máty před příchutí česneku. Koně mají i schopnost si vybírat krmivo dle obsažených živin (Goodwin et al., 2005). Cairns et al. (2002) uvádí, že koně si moc neumí sensoricky vybírat dle chutě chybějící živiny.

Bohužel pojem chutnost je víceméně subjektivní a liší se u jednotlivých zvířat (Provenza et al., 2003). Chutnost může být definována jako celkové smyslové vnímání krmiva zvířetem (vzhled, chuť, pach, teplota, struktura a konzistence). Musíme vždy ale přičíst vliv jednotlivého zvířete (Forbes, 2007). Hříbata přebírají stravovací návyky pozorováním matky (Haupt, 1995).

Býložravci obecně jsou opatrní při příjmu nového krmiva. V přírodě si musí vybírat nejedovaté rostliny. Existuje 6 strategií zvířat, jak se těmto rizikům vyhnout. Jsou to vyhýbání se toxinu během selekce potravy, zředění toxinu prostřednictvím konzumace dalšího netoxického krmiva, přerušovaný příjem krmiva, zvracení (u koně ne), rozklad toxinu nebo vybudování tolerance (Pfister, 1999).

U koní je zaznamenáno málo případů, kdy by se koně naučili vyhýbat se nebezpečným krmivům na základě zkušenosti (Milne et al., 1990). K vyhýbání se potenciálně jedovatým látkám zvířata využívají čich a chuť. Aby se koně začali krmivu vyhýbat, musí se negativní následky vyskytnout do 30 minut po konzumaci, což nebývá obvyklé (Houpt, 1995).

U koní může konzumace toxických látek nastat kvůli nedostatku chuťových vjemů. Toto se častěji stává u koní, kteří nemají pestrou stravu a nemají možnost si krmivo vybrat. Koně potom přijímají i toxické látky například v plesnivém seně. To způsobuje nebezpečí vlivu mykotoxinů na organismus (Buckley, 2003). Vliv mykotoxinů na organismus lze eliminovat přidáváním černého uhlí, bentonitu, zeolitů a jiných syntetických látek (Ramos et al., 1996).

Namáčení krmiva může zvýraznit chuť krmiva a celkově změnit vnímání krmiva koněm. Dochází k změkčení a ke zvýšení vlhkosti (Hill, 2002). Koně mohou mít fobii z přijímání nových krmiv. Koně malé množství krmiva obvykle ochutnají a vyčkají na jeho efekt před další konzumací (Cairns et al., 2002).

Dobrovolný příjem krmiva se dá hodnotit několika metodami. Lze vážit krmivo po 24 hodinách. Je nutno počítat s tím, že 15 % krmné dávky není přímo konzumováno. Může to být selekcí směsné krmné dávky nebo znehodnocováním krmiva. K měření může být využita indikátorová metoda a vážení krmiva. Příjem krmiva lze i předvídat dle vzorce (Forbes, 2007).

Lze také měřit počet žvýknutí a velikost sousta. Počet žvýknutí se obvykle měří prostřednictvím elektrod na žvýkacích svalech koní, které snímají pohyb svalů. Dále se dá pozorovat příjem krmiva ve skupinách, kdy se dá sledovat doba příjmu krmiv, odpočinku a podobně. Lze také využít krmicích automatů a umístění čipu na zvířeti, automaty evidují, kolik každé zvíře přijalo krmiva (Forbes, 2007).

Často se využívá i měření času, po který kůň konzumuje určité množství krmiva. Zkoumá se také chování při příjmu a je vhodné krmivo porovnávat s jiným, obdobným (Goodwin et al., 2005). Hill (2007) uvádí možnost jak hodnotit krátkodobý příjem v počtu žvýknutí/kg sušiny, počet přijatých g/min a žvýknutí/min.

Peletování krmiva snižuje potřebný čas k příjmu. Výhodou delšího příjmu krmiva je zabavení koně na delší dobu, tím se snižuje výskyt stereotypního chování. Další výhodou delšího příjmu je vyšší proslinění a rozmělnění krmiva, což má vliv na další využití krmiva (Meyer and Coenen, 2003).

Na začátku podávání jinak upraveného krmiva se nejprve hodnotí nově získané vlastnosti krmiva, změny krmné dávky, frekvence krmení, podávané množství a vliv na trávicí trakt koně. Pozorování lze rozdělit do čtyř hlavních kategorií:

- 1) vliv úpravy krmiva na sensorické vnímání koněm,
- 2) chování koně během konzumace krmiva, preference a časová náročnost na příjem,
- 3) vliv na dobrovolný příjem koněm,
- 4) omezení trávicích procesů na dobrovolný příjem a trávení nového krmiva koněm (Hill, 2007).

Bohužel je na toto téma u koní málo vědeckých studií. První dojem z krmiva je způsoben smyslovým vnímáním krmiva a žvýkáním (Hill, 2007). Učení je důležitou součástí příjmu nového krmiva. Úpravy mohou zlepšit či zhoršit příjem krmiva (Milne et al., 1990).

3.3 Extruze

3.3.1 Extruze a jiné možnosti úprav krmiv

Úpravy krmiv pro zvířata jsou v praxi běžné. Ovlivňují požadavky na živiny v krmné dávce, kvalitu živin, krmný management i skladování krmiv. Úpravy mohou být také definovány jako fyzické, chemické, biochemické a biologické. Provádějí se za účelem zvýšení využití živin v krmivu (Chahal et al., 2008).

Dalším důvodem k využití úprav u obilnin je zlepšení vlastností, které podporují zdraví příjemce. Mohou snižovat výskyt některých onemocnění. Záleží na druhu úpravy. Při některých úpravách se nežádané vlastnosti nebo látky obsažené v původním materiálu zvýší nebo zmizí. Může ale dojít i ke zlepšení, proto je důležité pro dané krmivo využít vhodnou úpravu. Mohou tak vznikat výživově hodnotné a chutné produkty (Noomhorm et al., 2014).

Úpravy ovsu způsobují změny v mikrostrukturu proteinů, buněčné stěny a škrobu. Tyto změny mají velký efekt na kvalitu konečného produktu. Mikrostruktura má vliv na vzhled, strukturu, chuť a stálost výsledného produktu (Salmenkallio-Marttila and Autio, 2001).

Záměry úprav krmiv jsou:

- zvýšit chutnost krmiva,
- zbavit krmivo antinutričních látek,
- usnadnit skladování,
- zvýšit dostupnost živin,
- změnit velikost částic nebo konzistenci krmiva,
- zlepšit ekonomiku živočišné produkce (Chahal et al., 2008).

Lze je rozdělit na metody, u kterých se nemění obsah vody v krmivu a na metody kde se obsah vody v krmivu mění (Riaz, 2001).

Dále lze metody dělit dle používané teploty. Buď je to bez využití tepla – mačkání, šrotování, crimpování nebo naopak s využitím tepla – vločkování, expandace, želatinování, toastování a mikronizace (Chahal et al., 2008).

Aktuálně je extruze jednou z nejpoužívanějších technologií při úpravě potravin i krmiv (Singh et al., 2007). Začala se využívat již v roce 1797 u železa. U potravin se poprvé objevila u masa v polovině 19. století. Ve třicátých letech 19. století se začala jednoduchá extruze využívat při výrobě těstovin (Ainsworth, 2012).

Hlavní podstatou je využití vysoké teploty, tlaku a tření (Ainsworth, 2012). Jedná se o rychlý proces, doba zahřívání materiálu v extrudéru se pohybuje okolo 20 – 40 sekund, proto je možné zařadit extruzi do procesů využívající vysokou teplotu a krátký čas (HTST) anglicky high temperature – short time (Riaz, 2001). Době pobytu materiálu v extrudéru se dále věnuji v posledním odstavci kapitoly „Extrudér a technické parametry“.

Extruze se hojně využívá u produktů bohatých na vlákninu (Vasanthan et al., 2002). Umožňuje odstraňovat antinutriční látky a zvýšit nutriční hodnotu krmiv (Žďárský, 2015). Značný pokrok učinila ve využití nových zdrojů proteinu, jako jsou semena olejnin a luštěniny (Singh et al., 2007). Z produktů bohatých na škrob se využívají například pšenice, kukuřice, rýže, brambory, žito, ječmen, oves, čirok, tapioka, hrách a jiné podobné plodiny. Z produktů bohatých na tuk to může být sója, slunečnice nebo řepka (Guy, 2001).

Využívá se k úpravě škrobu a proteinu pro výživu lidí, hospodářských zvířat i zvířat v zájmových chovech. Největší rozvoj této technologie proběhl v posledních 30 letech (Guy, 2001).

Nyní tato technologie zahrnuje i části procesu jako je doprava materiálu, míchání, řezání, zahřívání nebo chlazení, tvarování, odvětrávání plynů a vlhkosti, enkapsulace a sterilizace (Guy, 2001). Dochází k rozmělnění, tvarování a sterilizaci krmiva (Žďárský, 2015).

Důvody k využívání extruze:

- mnohostrannost – může vznikat široká škála produktů, které se nedají vyrobit žádným jiným procesem, vlastnosti produktu je možné významně měnit surovinami i nastavením extrudéru,
- cena – na extruzi jsou nižší náklady a má vyšší produktivitu než ostatní metody, které využívají teploty a tvarují produkt,
- výkonnost – extrudér může pracovat kontinuálně s velkým materiálním obratem, vysoký stupeň automatizace,
- kvalita produktů – extruze zahrnuje ošetření vysokou teplotou po krátký čas, toto snáší i termolabilní složky potravy,
- šetrné k životnímu prostředí – vzhledem k malé spotřebě vody nevzniká žádný tekutý odpad, šetří náklady na čištění vod a neznečišťuje životní prostředí (Guy, 2001).

3.3.2 Extrudér a technické parametry

Extrudéry se vyrábí v mnoha variantách a tvarech, různých velikostech dle specializace na vznikající produkt. Lze je dělit do několika typů. Pro úpravu obilnin se využívají nejčastěji jednošnekové a dvoušnekové extrudéry (Ainsworth, 2012). Ve výrobě obvykle pracují 24 hodin denně s přestávkami na jejich čištění (Riaz, 2001). Linky určené k extruzi mají obvykle výkon 10 tun za hodinu (Doležal a kol., 2006).

Vstup materiálu do extrudéru je řízen dle objemu nebo dle hmotnosti využívaného materiálu. K dopravě mohou být využity pneumatické, šnekové nebo pásové dopravníky. Všechny musí zabezpečit konstantní průběžné dodávání materiálu do extrudéru. Tekutiny jsou dopravovány a odměřovány jiným způsobem (Ainsworth, 2012).

Extrudér během procesu vykonává mnoho procesů najednou, patří mezi ně: míchání, vznik vodní páry z vody obsažené v přichozím materiálu, homogenizace, mělnění, tření, mazovatění škrobu, denaturace proteinu, změna skupenství materiálu, inaktivace enzymů, pasterizace a sterilizace, vaření, tvarování produktu, vypařování vody a vznik jednotného produktu (Riaz, 2001).

Hlavní extruzní nádoba má tři části – plnicí, míchací a ve třetí části se odehrávají samotné přeměny na produkt (Riaz, 2001). V unášecí části extrudéru se zvyšuje tlak, který bezprostředně za hnětací částí klesá, což vede k uvolnění těkavých látek a vody (Doležal a kol., 2006). Schéma extrudéru naleznete v příloze 2.

Extrudéry lze dělit na jednošnekové a dvoušnekové (Ainsworth, 2001). Šnekovnice mohou být vcelku nebo skládačkového typu, kde se dá při poškození šnekovnice vyměnit pouze určitá část. Na šnekovnici se navíc nasazují, k dokonalému promíchání, hnětací a brzdicí prvky, které nevyvolávají žádný posun materiálu (Doležal a kol., 2006).

Dají se také rozdělit na extrudéry využívající mokrou nebo suchou cestu. Při mokré cestě se během procesu přidává voda. Suchá extruze probíhá u materiálu, který má vlhkost 10 – 40 % (Riaz, 2001). Muthukumarappan and Karunanithy (2012) uvádí vhodnou vlhkost pro suchou extruzi v rozmezí 8 – 22 %, při této vlhkosti není třeba žádné sušení vznikajícího extrudátu. I suché extrudéry mají možnost přidání vody během procesu, aby mohlo dobře proběhnout zmazovatění škrobu. Extruze v nich probíhá při teplotě 82 – 160 °C za velmi vysokého tlaku. Největším rozdílem mezi mokrou a suchou extruzí je, že při suché vznikají větší třecí síly. Suchá extruze se využívá hlavně u olejnin, u sóji a obilnin. U olejnin a materiálu bohatého na tuk lze přidat nádoby na odtok tuku (Riaz, 2001).

Jednošnekové extrudéry byly poprvé využity v 40. letech 20. století k úpravě obilnin a jejich mouky. Dosahuje se teplot nad 150 °C. Od 50. let 20. století se tento typ extrudéru využívá i k úpravě krmiv pro pet průmysl a snídaňové cereálie (Ainsworth, 2012). První jednošnekové extrudéry pracující suchou cestou byly použity v krmivářství v 60. letech 20. století (Doležal a kol., 2006). Tento typ se obvykle skládá z nádoby, násypky, prekondicionéru, extruzní nádoby, matrice a nože (Riaz, 2001).

Jednošnekové extrudéry dokáží zpracovat pouze materiál s vlhkostí mezi 12 – 35 %, proto se využívá zvlhčování. Mají nižší míchací schopnost, v kombinaci s tímto typem extrudérů se často využívá prekondicionérů, kde se před vstupem do samotného extrudéru hmota přehřívá a zvlhčuje (Ainsworth, 2012). Materiál často vstupuje již předpřipravený (Muthukumarappan and Karunanithy, 2012).

Výhodou jednošnekových extrudérů jsou poloviční pořizovací náklady a i následně levnější provoz. Jsou také jednodušší na obsluhu a může je obsluhovat i méně zkušený personál. Moderní verze tohoto typu mají již nastavitelnou rychlost otáčení šnekovnice, kontrolu počítačem a vylepšené dávkování příchozího materiálu, což jim umožňuje konkurovat dvoušnekovým extrudérům (Riaz, 2001).

Dvoušnekové extrudéry byly poprvé představeny v 70. letech 20. století a nyní jsou intenzivně využívány (Ainsworth, 2012). Nejvíce získaly popularitu v 80. a 90. letech 20. století. Původně byly určeny k úpravě plastů (Riaz, 2001). Jejich výhodou je vyšší kontrolovatelnost, všestrannost a jednoduché čištění. Mají podíl na zvýšení popularity extruze (Ainsworth, 2012). Další výhodou je plynulejší provoz a snadněji se odstraňují závady (Doležal a kol., 2006).

U dvoušnekových extrudérů vzniká vyšší tření než u jednošnekových (Ainsworth, 2012). Šnekovnice jsou velmi blízko u sebe a závity do sebe zapadají (Riaz, 2001). Nevyužívá se u nich prekondicionérů a jsou 1,5 – 2krát dražší na pořízení než jednošnekové. Zvyšují možnosti výroby různých produktů. Využívají se hlavně v potravinářství (Riaz, 2001).

Šnekovnice mohou rotovat stejným nebo opačným směrem. Buď rotují souběžně, nebo protiběžně (Doležal a kol., 2006). Když obě šnekovnice rotují stejným směrem, je dobrá kontrola doby pobytu v extrudéru, vysoká schopnost expanze produktu, funguje samočistící mechanismus a procesy jsou uniformní (Muthukumarappan and Karunanithy, 2012). Tento typ je v krmivářské praxi nejvíce využíván (Doležal a kol., 2006). Pohyb každé šnekovnice jiným směrem se začal využívat při výrobě PVC - polyvinyl chloridu (Muthukumarappan and Karunanithy, 2012).

Požizovací cena extrudéru je dle typu, materiálu, kapacity, příslušenství a výrobce (Muthukumarappan and Karunanithy, 2012). Také je třeba do nákladů započítat spotřebu elektrické energie, kvůli zvýšeným cenám se uvažuje o využití například páry. Je nutné počítat s náklady na technologii a její životnost, náhradní díly a podobně (Žďárský, 2015). Nejčastěji vyměňovanými částmi jsou šnekovnice a hlavní extruzní nádoba, protože jsou během výroby vystaveny velkému tlaku (Riaz, 2001).

Extruze je proces vaření, ve kterém krmiva expandují aplikací vhodného tlaku (Chahal et al., 2008). Tlak se pohybuje v rozmezí mezi 15 – 200 atmosfér (Guy, 2001). Ainsworth (2012) uvádí obvyklý tlak 25 MPa. Předpokladem je přítomnost vody (Zinn et al., 2002).

Materiál se posunuje šnekovnicí extrudéru, promíchává se a za velmi krátkou dobu (do jedné minuty) se zvyšuje tlak, teplota a materiál je protlačen matricí. Po výstupu tryskou se rozpíná a ztrácí část vlhkosti a dále se chladí (Zelenka, 2015). Rozdíl mezi pouhou expandací a extruzí je v hmotnosti produktu, expandát má měrnou hmotnost 380 – 430 kg/m³ a extrudát má 560 – 640 kg/m³ (Doležal a kol., 2006).

Po protlačení matricí ven z extrudéru je materiál krájen nožem na požadovanou velikost. Dle tvaru trysky vznikají různé tvary produktů (Cheyne et al., 2001). Materiál po protlačení tryskou ztrácí 10 % vlhkosti (Zeman a kol., 2015). Vlhkost se během extruze pohybuje kolem 10 – 40 %, závisí na materiálu (Ainsworth, 2012; Guy, 2001). Dle Muthukumarappan and Karunanithy (2012) je nejčastěji vlhkost okolo 25 – 30 %.

Při využití vysokých teplot z vody vznikne vodní pára (Guy, 2001). Někdy se materiál zvlhčuje, většinou o 2 – 4 %, na optimální vlhkost 22 – 29 %. Potom dochází k zahřání na ideálně 80 – 95 °C při vlhké extruzi. Při využití vlhké extruze má extrudovaný materiál výstupní vlhkost 20 – 30 % a je nutno ho sušit (Zeman a kol., 2015).

Při vysoké teplotě a nízké vlhkosti může proběhnout Maillardova reakce. Riziko vzniku této reakce můžeme snížit využitím mokré extruze. Je to reakce, kdy se cukry vážou na aminokyseliny a tím se stává část aminokyselin nevyužitelná (Zeman a kol., 2015).

Při extruzi mohou vnikat produkty s různými vlastnostmi, mají různou chuť, barvu a nutriční hodnoty. Záleží také na teplotě, při které se extruduje, obvykle to je mezi 100 – 180 °C (Guy, 2001). Zelenka (2015) uvádí teplotu 110 – 140 °C. Ainsworth (2012) uvádí teplotu dokonce 250 °C. Muthukumarappan and Karunanithy (2012) uvádí rozmezí teploty 80 – 150 °C. Riaz (2001) uvádí teplotu 180 – 190 °C.

Pro průběžnou kontrolu vznikajícího produktu může být u extrudéru malé okénko, kterým se dá výroba kontrolovat (Guy, 2001). Pro rychlé dosažení vysokých teplot je někdy první část extruzního pouzdra předehřívána (Zeman a kol., 2015). Na teplotě závisí kvalita výchozího produktu (Mottaz and Bruyas, 2001).

K protlačení přes matrici je nutný vysoký tlak. Pokud není v zrně dostatek tuku, vhání se nástřikovými tryskami do pláště extrudéru pára pod tlakem 0,1 – 0,2 MPa (Zeman a kol., 2015).

Uspořádáním jednotlivých dílů šnekovnice a nastavením otáček rotoru lze měnit dobu průchodu materiálu pracovním prostorem (5 – 120 sekund), obvykle je to ale doba kratší než 1 minuta (Zeman a kol., 2015). Doležal a kol. (2006) zmiňuje pouze možnost nastavení otáček rotoru. Guy (2001) uvádí délku pobytu materiálu v extrudéru 30 – 120 sekund, Muthukumarappan and Karunanithy (2012) uvádí 30 – 90 sekund a Riaz (2001) uvádí 20 – 40 sekund.

3.3.3 Přeměny materiálu

Dochází k přeměně chemické struktury v extrudovaném materiálu, což spočívá v transformaci biopolymerů. Vlivem tepla a vlhkosti se v jedné fázi procesu materiál mění na tekutý. S každým materiálem se musí zacházet jinak, abychom dosáhli požadovaných vlastností výchozího produktu (Guy, 2001).

Produkt se liší od vstupního materiálu objemovou hmotností, tvrdostí, barvou, obsahem vody i chemickou strukturou. Expanze závisí na obsahu škrobu (ideálně 60 – 70 %), poměru amylozy a obsahu tuku (Muthukumarappan and Karunanithy, 2012).

Během extruze dochází k mnoha fyzikálním i chemickým změnám. Jsou to například ztráta krystalické struktury a depolymerace škrobu, denaturace a přeměny proteinů, vznik komplexů mezi amylozou a polárními lipidy. Navíc dochází k deaktivaci enzymů, což prodlužuje skladovatelnost produktu (Colonna et al., 1989).

Přeměna struktury produktu je vytvořená rozehrátím materiálu a nafukováním prostřednictvím vzduchových bublin vodní páry, tím se materiál mění na pěnovou hmotu. V tomto procesu hraje důležitou roli tlak (Guy, 2001). Grafické znázornění přeměny materiálu během extruze naleznete v příloze 3.

Po procesu expanze dojde k rychlému poklesu teploty, což je způsobeno vypařováním vody. Tento proces velmi dobře probíhá u škrobu, ale závisí také na velikostech biopolymerů, při větší velikosti biopolymerů materiál hůře přechází do tekutého stavu (Guy, 2001).

Obilniny mají vysoký podíl škrobu, což je dobrý předpoklad pro úpravu prostřednictvím extruze (Singh et al., 2007). V sušině obilnin je škrob obvykle zastoupen z 50 až 80 %. Obilniny a obecně materiály s vysokým obsahem škrobu se využívají k extruzi již od počátků využívání extruze v krmivářství a potravinářství (Ainsworth, 2012). Hlavním účelem extruze je zmazovatění škrobu v obilkách nebo kompletních krmivech (Chahal et al., 2008). Škrobová zrna začínají při 65 °C mazovatět, proces začíná v amorfním středu škrobového zrna. Při přibližně 90 °C se zrna deformují. Záleží na původu škrobu (z jaké je rostliny a z jaké části), dle těchto faktorů se teplota mazovatění může lišit (Lillford, 2008).

Extruze způsobuje kromě zmazovatění škrobu i destrukci buněčných stěn (Salmenkallio-Marttila and Autio, 2001). Při zmazovatění dojde ke změně struktury škrobových zrn, což zvyšuje využitelnost škrobu pro organismus a napomáhá zlepšit dostupnost pro enzymatické trávení (Zinn et al., 2002). Dochází ke změnám v tvaru škrobových zrn a zvyšuje se viskozita. Tyto úpravy škrobu jasně korelují s jeho chutností, mění se poměr amyλόzy a amylopektinu (Hu et al., 2010). Baud et al. (2001) uvádí, že stoupá obsah amylopektinu. Toto může být vysvětleno větší odolností amylopektinu během průběhu extruze kvůli jeho velikosti.

Skladba a jiné vlastnosti škrobových zrn mají vliv i na teplotu, při které zrna zmazovají (Ao and Jane, 2007). Na teplotu, při které zmazovají, má také vliv stáří rostliny. Starší zrna potřebují vyšší teplotu k přeměně škrobu (Zheng et al., 2015). Extruze probíhá lépe při výskytu většího počtu menších zrn a u zrn s drsným povrchem. Škrobová zrna také ovlivňují zmazovatění a schopnost bobtnání při extruzi (Ovando-Martínez et al., 2013). Schopnost expanze je díky primární až kvarterní struktuře biopolymerů amyλόzy a amylopektinu (Lillford, 2008). Škrobová zrna mění své vlastnosti při vyšší teplotě, u amylopektinu ovsá to je při 67 °C, u amyλόzy maximálně při teplotě okolo 104 °C (Åman and Freferiksson, 2001). Škrobová zrna ovsá a ječmene se při extruzi chovají velmi podobně, ale u ovsá vzniká větší množství využitelného škrobu (Shamekh et al., 1999).

Škrob hydrotermickými úpravami při teplotách 120 – 130 °C dosahuje vyššího stupně zmazovatění. Začíná mazovatět při 50 – 60 °C u obilovin (Zeman a kol., 2015), Åman and Freferiksson (2001) uvádí teplotu mazovatění od 56,2 do 59,5 °C. Optimální hodnoty pro zmazovatění škrobu jsou vlhkost 20 % a teplota 120 °C. Kromě zlepšení využitelnosti zmazovatělého škrobu působí jako přirozené pojivo a usnadňuje granulaci (Zeman a kol., 2015). Při vyšším obsahu vlhkosti dochází k rychlejšímu zmazovatění, naopak při nižší vlhkosti je tato přeměna pozvolnější (Ainsworth, 2012).

Murray et al. (2001) se zajímali o vliv extruze na rychlost využití škrobu. Při extruzi o vyšší teplotě (135 – 145 °C) stoupl podíl rychle využitelného škrobu. Při extruzi při nižší teplotě (83 – 94 °C) je škrob využitelný pomaleji (Murray et al., 2001).

U proteinu musí dojít k přeměně na tekutou hmotu stejně jako u škrobu. To vyžaduje určité podmínky jako je 35 – 40% vlhkost, koncentrace proteinu nad 40 %, teplotu nad 150 °C a vysoký tlak. Dochází k přeskupení molekul (Guy, 2001). Vliv na kvalitu produktu má také doba strávená v extrudéru, pH a interakce mezi bílkovinami navzájem a dále třeba i interakce se sacharidy. Při vyšším obsahu vlhkosti dochází k menším ztrátám (Ainsworth, 2012). Obsah proteinu v extrudovaném materiálu 5 – 15 % zhoršuje expanzi škrobové části (Ainsworth, 2012).

Působením vyšších teplot, popřípadě v kombinaci s vlhkostí a tlakem, dochází k denaturaci proteinu. I při vysoké teplotě (120 °C), pokud je aplikována po krátkou dobu, se nesnižuje využitelnost aminokyselin. Lehce denaturovaný protein je lépe využitelný proteázami (Zeman a kol., 2015). Zvýšení stravitelnosti proteinů způsobuje také tepelná destrukce antinutričních látek jako jsou inhibitory trypsinu, fytáty, taniny a lecitiny. Obzvláště je to důležité u luštěnin (Ainsworth, 2012).

Kritické hodnoty jsou nad 130 °C. Silně denaturovaný protein má zhoršenou využitelnost, zvláště pokud dochází k Maillardově reakci nebo tepelnému rozkladu aminokyselin. Prostřednictvím tepelných úprav dochází ke snížení využitelnosti lysinu kvůli Maillardově reakci (Zeman a kol., 2015). Při vyšších teplotách extruze (210 °C) dochází ke snížení obsahu lysinu, do teploty 170 °C se výskyt této aminokyseliny nemění. Tyto hodnoty se liší od těch uváděných Zemanem a kol. (2015).

K Maillardově reakci může dojít během extruze proteinu, když jsou přístupné redukující cukry. Chemická reakce mezi redukujícími cukry a volnými aminokyselinami má zásadní nutriční význam. Dochází ke snížení kvality bílkovin tím, že se snižuje jejich stravitelnost a vzniká nevyužitelný produkt. Nejvyšší výskyt Maillardovy reakce je při extruzi při teplotách vyšších než 180 °C a při nízké vlhkosti pod 15 % (Camire et al., 1990).

Tuk během extruze má dvě hlavní funkce, působí jako lubrikant a ovlivňuje kvalitu produktů (Ainsworth, 2012). Tuky se stávají v extrudéru tekutými při teplotě 40 °C a více. Promíchávají se s ostatními materiály a zmenšují se na kapénky o velikosti 1 – 5 µm a menší (Guy, 2001). Pokud dojde i k expanzi materiálu, dojde k uvolnění většího množství oleje z buněk a zpřístupňuje se více energie v krmivu (Doležal a kol., 2006).

Tuky a oleje v množství 1 % a více mají vliv na přeměny škrobu. Omezují jeho zmažovatění. Při obsahu tuku 2 % a více dochází obtížněji k expanzi. Toto je pozorováno u ovsa (Guy, 2001). Muthukumarappan and Karunanithy (2012) uvádí, že při obsahu tuku 5 - 6 % v extrudovaném materiálu se snižuje schopnost expanze. Při obsahu tuku nad 12 % se významně snižuje tření v extrudéru (Riaz, 2001).

Když není cílem expandovaný produkt, tak se materiály s vyšším obsahem tuku využívají. Při obsahu tuku 15 – 18 % se využívá jednošnekový extrudér a při obsahu tuku 20 – 22 % se využívá dvoušnekový extrudér. Vznikající produkt není bohatý na tuk (Riaz, 2001). Doležal a kol. (2006) také doporučují při obsahu tuku nad 17 % využívat dvoušnekové extrudéry.

Tepelnou úpravou dochází k denaturaci lipázy a lipooxidázy, což zpomaluje rozklad a oxidaci tuků. Zvyšuje se stabilita tukové složky. Při expanzi navíc dochází k uvolnění většího množství oleje z buněk a zpřístupnění vyššího podílu energie krmiva. To je důležité pro monogastry, kteří hůře štěpí buněčné stěny (Zeman a kol., 2015).

Krmiva s vysokým podílem vlákniny obsahují velké množství celulózy, hemicelulózy a ligninu. Tento materiál tvoří při extruzi hlavně obaly obilnin. Během extruze zůstávají zpevněné a stabilní. Zvýšený podíl otrub a vlákniny snižuje možnost expanze (Grenus et al., 1993; Guy, 2001).

Zvyšuje se podíl resistantního škrobu (Ainsworth, 2012). Vasanthan (2002) uvádí, že u extrudovaného ječmene došlo k zvýšení podílu vlákniny, což je způsobeno vznikem resistantního škrobu a nestravitelných glukánů. Se zvyšujícím se podílem vlákniny roste tvrdost produktů, což souvisí s mohutnějšími buněčnými stěnami (Yanniotis et al., 2007).

Esposito et al. (2005) zkoumali pšeničné otruby, extruzí u nich došlo ke zvýšení podílu nestravitelné vlákniny. Lue and Huff (1991) uvádí, že extruze mechanicky narušuje glykosidické vazby polysacharidů a vede k odštěpení oligosacharidů a tím i ke zvýšení stravitelnosti.

Teplotou dochází k znehodnocení vitaminů, patří mezi ně vitaminy A, K, C, skupiny B a kyselina pantotenová (Zelenka, 2015). Dochází ke ztrátám průměrně 5 – 40 % aktivních forem vitaminů (Briggs, 2001).

Vitamin E je vůči teplotám odolný, ale snadno dochází k jeho oxidaci. Thiamin je při 100 °C stabilní podobně jako riboflavin, biotin a kyselina listová (Zelenka, 2015). Obsah thiaminu neklesá významně, nejvyšší zaznamenaný pokles při extruzi je o 15 %. Hladina thiaminu je lépe zachována při vyšší vlhkosti extruze. Obdobně je tomu i u riboflavinu. Vitamin C je možné zachovat i z 80 % při extruzi při nízké teplotě a vysoké

vlhkosti. Obecně nižší teplota a vyšší vlhkost napomáhá k zachování obsahu vitamínů (Ainsworth, 2012). Buď vitaminy chráníme obdukcí nebo se dodatečně přidávají až po tepelné úpravě nástřikem na vychládající produkt (Zeman a kol., 2015).

Velmi málo výzkumů se zabývá vlivem extruze na minerály obsažené v krmivu. Minerály jsou tepelně stabilní a jejich obsah by se během extruze neměl měnit (Ainsworth, 2012). S vyšším třením se může zvýšit obsah železa z šneků a stěn extrudéru. Při vyšší vlhkosti a teplotě se obsah železa zvyšuje méně kvůli nižšímu tření (Alonso et al., 2001).

3.3.4 Změny chuti a hygiena krmiva

Část chuti a těkavých látek chuti jsou ztraceny do atmosféry během průchodu extrudátu tryskou ven z extrudéru (Ainsworth, 2012). Při 100 °C dochází ke ztrátám zchutňovadel z materiálu (Doležal a kol., 2006). Během extruze obilnin je chuť převážně vytvořena neenzymatickými reakcemi podobnými karamelizaci, Maillardově reakci a oxidativnímu rozkladu. Obsah tuku zvyšuje chutnost (Ainsworth, 2012).

Tepelná úprava nám také umožňuje mít pod kontrolou patogenní mikroorganismy v krmivech živočišného i rostlinného původu (Chahal et al., 2008). Největší význam mají tepelné úpravy v prevenci výskytu salmonel, ničí se při teplotě alespoň 87,8 °C po dobu 90 sekund nebo při 89,4 °C po dobu 30 sekund při vlhkosti 15 %. Dále dochází k likvidaci hub a plísní v krmivu, nezničí se ovšem všechny mykotoxiny (Zeman a kol., 2015).

3.4 Vliv extruze na oves

3.4.1 Oves a jiné obilniny ve výživě koně

Hoffman et al. (2009) dělali průzkum ohledně krmení koní v Nové Anglii (USA). 96 % majitelů podávalo koním koncentrované krmivo. 6 % chovatelů si samo pěstovalo krmné obilniny (Hitz, 2001).

Když je u koně zvýšená potřeba energie, je vhodné začít přidávat do krmné dávky obilniny. Díky vysokému podílu škrobu mají vysoké hodnoty metabolizovatelné energie a jsou považovány za nejdůležitější zdroj energie ve výživě koní. Při překrmení mohou vznikat trávicí problémy, jako jsou koliky nebo sekundárně zchvácení kopyt. Škrob by se měl strávit a vstřebat v tenkém střevě, pokud se dostane do tlustého střeva, začínají vznikat problémy, které se projevují snížením pH, vznikem kyseliny mléčné a zvýšením produkce těkavých mastných kyselin. Mohou také vznikat hormonální změny v organismu a u mladých koní moc škrobu může způsobit nadýmání. Proto je důležitý výběr správné obilniny a dodržování krmných zásad (Hussein and Vogedes, 2003).

Obilniny jako je oves, ječmen, kukuřice a pšenice jsou nutričně bohatá semena. Obecně mají málo vápníku a sodíku. Obsahují více fosforu než vápníku, poměr není pro koně zcela vhodný. Mají malé množství cukrů, ale velké množství škrobu. Obilniny mají malý obsah esenciálních aminokyselin, takže je jejich bílkovina málo kvalitní (Davies, 2009).

Existují ovšem rozdíly v nutriční hodnotě i v rámci jednoho krmiva. Závisí to na typu půdy, hnojení, době sklizně, technice sklizně, úpravě, skladování a tak dále. Při skladování rozhodují faktory jako je vlhkost nebo teplota (Cunha, 1991).

Oves je tradiční obilnina využívaná ve výživě koní již po staletí (Davies, 2009). V počátcích byl pěstován především jako krmivo pro koně, skot a jiné domestikované býložravce (Arendt and Zannini, 2013). Je často pěstován v mírném pásmu a v severnějších oblastech. Oves byl hlavním krmivem pro koně ve staré Anglii. Dnes jeho využití klesá, jedním z důvodů je malá objemová hmotnost (Morgan, 2004). Kvalita ovsa se pro koně během posledních 15 let zvýšila (May et al., 2004). Oves je pro koně vhodnější krmivo než ječmen nebo kukuřice (Rosenfeld and Austbø, 2009). Vyšší obsah vlákniny a nižší obsah škrobu než u ostatních obilnin dělají z ovsa bezpečnější krmivo pro zdraví koně (Davies, 2009). Jeho dietetické účinky spočívají i v obsahu alkaloidu aveninu a glykosidu koniferinu a ještě dalších látek obsažených v plevách (Dušek, 2007).

Oves obsahuje okolo 11 % vlákniny, ta je obsažena hlavně v obalech zrna (Davies, 2009). Dušek a kol. (2007) uvádí obsah vlákniny u ovsa 10 – 11,6 %.

Oves je koňmi dobře přijímán, je to jedna z mála obilnin, která se nemusí ochucovat například melasou (Morgan, 2004). Je vhodným krmivem pro všechny kategorie koní (Dušek, 2007). Krmí se celý nebo upravený. Nejčastější úpravou je mačkání, které se doporučuje hlavně u starších koní a u hříbat. Stravitelnost se tím může zvýšit o 5 – 10 %. Zmenšuje se podíl nestrávených zrn ve výkalech. Snižuje se ovšem doba, po kterou je možné upravený oves skladovat oproti celému. Tato doba je ovšem u upraveného ovsa delší než u jiných upravených obilnin. Oves má v porovnání s jinými obilninami více proteinu, tuku a minerálů (Morgan, 2004).

Oves má méně energie než ostatní obilniny, jako je kukuřice nebo ječmen (Davies, 2009). Při stejné hmotnosti podávaného jádra má oves jen 85 % energie kukuřice. Při stejném objemu má oves dokonce jen 50 % energie kukuřice, což je způsobeno nízkou objemovou hmotností ovsa (Morgan, 2004). Výživná hodnota SEk je oproti ječmenu nižší o 10 %, u pšenice o 16 % a u kukuřice o 20 % (Dušek a kol., 2007). Má ovšem více bílkovin, až o 30 % více než kukuřice. Kvalita ovsa se liší více než u ostatních obilnin, pravděpodobně kvůli vysokému podílu obalů (Morgan, 2004). Objemová hmotnost se může velmi lišit, proto se doporučuje krmnou dávku spíše odvažovat než odměřovat dle objemu (Dušek, 2007).

Škrob ovsa je lépe stravitelný než škrob ostatních obilnin. To znamená, že je více pravděpodobné, že bude stráven v tenkém střevě prostřednictvím enzymů. Je menší pravděpodobnost, že se dostane nestrávený do tlustého střeva, kde hrozí bouřlivá fermentace a následně jsou možné další komplikace, jako jsou kolika nebo zchvácení kopyt (Davies, 2009).

Dle metody nylonových sáčků, které se intubují do trávicí soustavy koně má oves výbornou stravitelnost škrobu. 94,9 % škrobu obsaženého v ovsu se strávilo již precekálně a celkově koně zvládli využít 99,0 % škrobu. U ječmene a kukuřice jsou tyto hodnoty nižší. Oves má také lepší využitelnost proteinu pro koně v tenkém střevě než ostatní obilniny (75,3 %), ale celková stravitelnost proteinu je nižší o 8 % než u ječmene a kukuřice. Celková stravitelnost zrna je nižších než u jiných obilnin (Rosenfeld and Austbø, 2009).

Stravitelnost ovesného zrna je okolo 70 % (Morgan, 2004). Stejnou hodnotu stravitelnosti uvádí Dušek a kol. (2007). Karlsson et al. (2000) uvádí stravitelnost ovsa 75 %. Bailoni et al. (2006) uvádí in vitro stravitelnost organické hmoty u obilek ovsa 66,8 %.

Vhodný poměr ovsa k podávanému senu zkoumali Karlsson et al. (2000). Při vyšším zastoupení ovsa (60 % z krmné dávky) se snižuje jeho stravitelnost, koně potřebují mít dostatek objemných krmiv. U podílu ovsa 20 % a 40 % z krmné dávky uvádí stravitelnost ovsa 75 %, u podílu 60 % z krmné dávky klesá stravitelnost na 58 % (Karlsson et al., 2000).

Stravitelnost pro koně se dá měřit buď *in vitro* nebo *in vivo*. Záleží na způsobu úpravy a struktuře produktu z ovsa, podílu vlákniny a obsahu β -glukanů, ty mají vliv na snížení absorpce glukózy (Piispa and Alho-Lehto, 2004).

Obilniny mají určitou prašnost. Tu lze při krmení snížit přidáním olejů. Garlipp et al. (2011) zkoumali, která kapalina sníží prašnost nejvíce. Z melasy, vody a řepkového oleje fungoval nejlépe olej. Při přidání 3 % oleje z hmotnosti krmné dávky se omezí prašnost o 96,5 %. Při přidání 3 % vody se prašnost snížila pouze o 75,6 % (Garlipp et al., 2011).

Lindberg et al. (2006) podávali sportovním koním oves šlechtěný na vyšší podíl tuku. Cílem bylo omezit množství škrobu jako potenciální vyvolávač zažívacích problémů. V porovnání s běžným ovsem byla u krmení ovsa s vyšším zastoupením tuku vyšší stravitelnost sušiny a snížila se hladina inzulinu. Kvůli vyšší energetické hodnotě lze ovsa s vyšším podílem tuku podávat méně než běžného ovsa.

Loupaný oves má u koní vyšší stravitelnost (Särkujärvi and Saastamoinen, 2003). Při loupání ale vzniká velké množství ovesných slupek. Tyto dvě autorky se proto dále zaměřily na možnost krmení ovesných otrub koním. Ovesné otruby byly zařazeny do krmné dávky v množství 0 - 24 %. S ostatními složkami krmné dávky byly otruby peletovány, aby se zabránilo separaci během krmení. Krmení ovesných otrub neovlivnilo statisticky významně stravitelnost krmné dávky ani využití hrubého proteinu. U tuku a vlákniny se ale zlepšilo využití o 16 % a 24 % (Särkujärvi and Saastamoinen, 2004).

Trávení různých sacharidů vyvolává různé reakce v těle koně. Mnoho krmiv bohatých na škrob se absorbuje velmi rychle a způsobují rychlý vzestup krevní glukózy a inzulinu. Různá krmiva mají tedy jiný vliv na glykémii. Například jarní pastva obsahuje víc proteinu, sacharidů, fruktanů i škrobu než pastva pozdější, vliv této brzké pastvy na glykémii je dokonce podobný jako u obilnin. To může vést k problémům, jako jsou inzulinová resistance, zchvácení kopyt nebo obezita, tyto problémy mezi sebou velmi úzce souvisí (Davies, 2009).

Koncentrace glukózy v krevní plasmě u koní krmených ovsem a ječmenem zůstala vyšší po dobu 8 hodin. U koní krmených kukuřicí se hladina glukózy vrací do normálu již po 5 – 6 hodinách po nakrmení (Jose-Cunilleras et al., 2004).

Při krmení extrudovaným ječmenem je hladina glykémie vyšší než u celého a mačkaného (Vervuert et al., 2007). Extrudované produkty mají vyšší glykemický index než neupravené. Mezi celým a extrudovaným koncentrátem nebyly významné změny v hladině inzulínu (Gordon et al., 2008).

3.4.2 Vliv extruze na oves a využití u koní

Nejčastějšími úpravami zrnin pro koně je mačkání a peletování, oba procesy probíhají za relativně nízké teploty. Úpravy obilovin při vyšší teplotě jako je extruze nebo mikronizace jsou méně často využívány pro výživu zvířat. Tyto technologie by se měly ekonomicky vyplatit zvýšením stravitelnosti i chutnosti krmiv pro zvířata (Rosenfeld and Austbø, 2009).

Extruzí vznikají nejvíce využitelná krmiva, která jsou využívána v koňské výživě. Hlavním účelem této úpravy je zvýšit využitelnost krmiva. Výhodou extruze v krmivech pro koně je možnost během fáze míchání namíchat několik složek, takže může vznikat výrobek různým složením. Koně potom neselektují méně preferované složky krmiva (Wenholz, 2004). Dalším kladem jsou dobré hygienické vlastnosti krmiva, protože teplota a tlak ničí většinu bakterií (Godwin, 2016). Krmivo je křehké, křupavé, světlé a lehce lesklé (Kentucky Equine Research Staff, 2005). Zvyšuje se doba, po kterou lze produkt skladovat, této výhody se často využívá u lněného semínka (Gill, 2016).

Pro majitele koně je dalším benefitem, že při vyšší využitelnosti krmiva lze krmit menší množství krmiva (Wenholz, 2004). Briggs (2001) uvádí možnost snížení hmotnosti krmné dávky až o 20 %. Nevýhodou může být snížená chuť a vyšší objem, který zvyšuje nároky na skladovací prostory.

Zvýšený objem krmiva může zpomalit jeho příjem koněm a tím i redukuje možný výskyt kolik. Doba příjmu se prodlužuje o 22 až 32 % oproti přijímání celých zrn obilnin. Trvá to déle, pokud koně přijímají krmivo poprvé. Při prodloužení doby příjmu koně déle žvýkají, což může u boxových koní částečně nahradit jejich potřebu žvýkat místo pastvy. Koně krmivo méně hltají. Někteří koně si na krmivo vůbec nezvyknou, někteří potřebují delší navykací období i v řádu týdnů. Koním může vadit nezvyklý tvar krmiva a struktura krmiva nebo i pach a chuť. Některé krmivářské firmy ochucují extrudát například melasou (Briggs, 2001).

Předpokládá se, že koně zadržují při příjmu extrudátu více vody ve slepém a tlustém střevě, což může snížit riziko kolik, dehydratace během zátěže (Briggs, 2001).

Krmiva upravovaná extruzí je vhodné podávat závodním koním, kteří potřebují lehce stravitelné krmivo, které nebude příliš zatěžovat trávicí trakt. Extrudovaná krmiva jsou doporučována u těžko krmitelných a starších koní kvůli dobré využitelnosti krmiv (Ralston et al., 2005). Vhodným krmivem jsou také pro koně, kteří mají problémy se žvýkáním, například v období výměny mléčného chrupu za trvalý. Další kategorií, kde je vhodné tyto krmiva využít, jsou koně s vysokou potřebou energie, například při využití ve sportu. Při menším množství podávaného extrudovaného krmiva než celých zrn, lze zmenšit podíl koncentrovaného krmiva oproti objemnému, což přispívá k psychické pohodě koně a předchází trávicím problémům (Briggs, 2001). Extrudované krmivo je vhodné i pro vzrušivé koně, zůstávají po něm klidnější než při konzumaci celých obilnin. Neklid bývá způsoben zvýšeným výskytem kyseliny mléčné v tlustém střevě. Vzhledem k dobré stravitelnosti extrudátu v tenkém střevě k tomuto jevu nedochází (Godwin, 2016). Dalším kladem je snížení prašnosti, proto je vhodným krmivem pro koně s respiračními potížemi (Wenholz, 2004).

U mladých koní by se tato krmiva měla krmit opatrně, při velkém příjmu škrobu mohou vznikat poruchy růstu jako je osteochondróza (Wenholz, 2004). Sherwood (1998) doporučuje krmiv extrudované krmivo z ovsa a kukuřice pro výživu rostoucích koní. Krmení extrudovaného krmiva je ověřeno i u březích klisen, klisny krmené se dostaly do lepší kondice než ty z kontrolní skupiny (Ott et al., 1999).

Produkce α -amylázy v tenkém střevě je u koně v porovnání s ostatními monogastry nízká, proto je vhodné jim podávat upravené obiloviny, aby se zvýšila stravitelnost škrobu. Ten by měl být upraven tepelně, mikronizací a podobně, aby se zvýšila stravitelnost škrobu a bylo následně možné podávat menší množství krmiv. Koně dokážou škrob dobře využívat (Davies, 2009). Další variantou je koním amylázu přidávat do krmiva, zvýší to stravitelnost krmiva v tenkém střevě (Richards, 2004).

Při extruzi ječmene a kukuřice se zlepšuje in vitro využitelnost organické hmoty až na 94,7 % (Bailoni, 2006). Naopak Casini et al. (2002) uvádí, že při testování in vitro u extrudovaných krmiv pro koně se nemění využitelnost organické hmoty, ale zlepšuje se degradovatelnost vlákniny obilnin.

Velmi ovlivněn extruzí je ovesný škrob. Morfologie škrobu se při těchto úpravách mění, dochází k přeuspořádání amylózy a amylopektinu v řetězcích, což mění jeho fyzikálně-chemické vlastnosti i stravitelnost. In vitro stravitelnost škrobu se zvýšila o 5 % (Ovando-Martínez et al., 2013). Dle Frappe (2004) se využitím extruze zlepšuje stravitelnost v tenkém střevě koně. Ovšem celková stravitelnost škrobu dle něj není významně ovlivněna.

Škrob i protein upravený extruzí má překvapivě nízkou stravitelnost v tenkém střevě. Je ovšem možné, že je měření během pokusů ovlivněno zmazovatěným škrobem v nylonových sáčcích, které mohou zabraňovat průchodu trávicích šťáv do pytlíčků (Rosenfeld and Austbø, 2009). Dle těchto autorů byla u extrudovaného ovsa naměřena vyšší stravitelnost než u úprav mačkáním, peletováním nebo mikronizací.

Zmazovatění škrobu může být v některých případech vnímáno i negativně, vede ke zvýšení počtu mikroorganismů ve slepém vaku žaludku, zvyšuje se koncentrace kyseliny mléčné a snižuje se pH v žaludku, což může vést k tvorbě žaludečních vředů (de Fombelle et al., 2003). Biddle et al. (2013) potvrzuje pokles pH v tenkém střevě při větším výskytu lehce stravitelného škrobu v natrávenině. V pokusu při krmení extrudovaného ječmene dle de Fombelle et al. (2001) se ale pH ve slepém a tlustém střevě nezměnilo. McLean et al. (2000) potvrzují vhodnost krmení extrudovaného ječmene koním. Prostředí tlustého střeva bylo více zachováno při krmení extrudátu, než při krmení mačkaného ječmene. Z tohoto autoři vyvozují dobrou stravitelnost škrobu v tenkém střevě koně.

U neupraveného ovsa je podíl resistantního škrobu přibližně 2 % z celkového obsahu škrobu (Bailoni et al., 2006). Při extruzi produktů bohatých na škrob může vznikat další resistantní škrob (Unlu and Faller, 1998). U extrudované kukuřice se zvýšil poměr resistantního škrobu z 0,7 % na 10,6 % z celkového obsahu škrobu (Bailoni et al., 2006). Gebhard et al. (2004) tvrdí, že na rozdíl od ječmene a hrachu se u ovsa netvoří při extruzi resistantní škrob. Tuk obsažený v ovsu blokuje vznik resistantního škrobu. Resistentní škrob vzniká při teplotách nad 130 °C a závisí na délce doby zahřívání (Gebhard et al., 2004). Tsopmo (2015) uvádí, že při využití mokré cesty hydrotermické úpravy zůstává v ovsu 95 % β -glukanů.

Rosenfeld and Austbø (2009) porovnávali hodnoty u různě upraveného ovsa. Bylo to mačkání, peletování, extruze a mikronizace. Při využití extruze byly nejvyšší hodnoty u využití hrubého proteinu ze všech variant. Tepelně upravené obilniny (oves, ječmen a kukuřice) extruzí nebo mikronizací mají lépe stravitelný protein v tenkém střevě než neupravené obilniny.

Celková stravitelnost proteinu se u extrudovaného zvyšuje o 5 %. K jeho využití dochází ve slepém a tlustém střevě, tam z proteinů vzniká mikrobiální protein, který koně nedokáží dobře využívat (Rosenfeld and Austbø, 2009). Dle Runyon et al. (2015) se ale využitelnost proteinů u ovsa po tepelné úpravě snížila o 50 %. Více byly ovlivněny albuminy a prolaminy, globuliny jsou k teplotě odolnější. Využitelnost se tedy nesnižuje rovnoměrně, ale odlišně u různých typů bílkovin ovsa.

Obsah tuku je u extrudátu nižší než při využití jiných úprav jako je mikronizace, peletovaná a mačkání (Rosenfeld and Austbø, 2009). Oves by se měl extrudovat pomalu, aby se příliš nezrychlil proces oxidace, která může vést ke žluknutí a snížení hodnoty výsledného produktu (Gutkoski and El-Dash, 1999).

Hymøller et al. (2012) zkoumali trávení před příchodem do tlustého střeva pomocí techniky nylonových sáčků, obvyklá doba pasáže do tohoto místa je 7 hodin. Stravitelnost je ovlivněna předchozí úpravou krmiva a důkladností přežvýkání krmiva koně. Žvýkání ovlivní stavbu zrna a přístupnost trávicích šťáv k obsahu zrna. Při tepelných, chemických a fyzikálních úpravách zrna je vyšší stravitelnost, z nylonových sáčků v experimentu ubylo více hmoty, takže byla potvrzena vyšší využitelnost krmiv.

Liu et al. (2000) zkoumali vliv podílu ovesné a kukuřičné mouky na vznik extrudátu. Zvyšování podílu ovesné mouky mělo tento vliv na extrudát: má vyšší objemovou hmotnost, je tmavší, je víc do červena, méně do žluta, má vyšší tvrdost a je méně pružný.

Vliv teploty, rychlosti expanze a tření zkoumali Moisio et al. (2015). Extruzí se narušily stěny buněk a přístupnost vody v ovsu se snížila. Minimální teplota pro extruzi ovsa je 110 °C. Při této teplotě byly bílkoviny jen částečně denaturované, toto se významně nemění i při teplotě 130 °C. Extruze inaktivuje lipázy již při nižší teplotě (Moisio et al., 2015). Závisí i na vlhkosti, při které se oves extruduje. Při snížení vlhkosti dojde ke zvýšení tření, což vede ke zvýšení teploty a jasně koreluje s vlastnostmi expandovaných produktů jako je světlost, tvrdost, lesk a struktura (Liu et al., 2000).

Aktivita lipáz je u ovsa vyšší než u ječmene a pšenice (O'Connor et al., 1992). Hydrotermickou úpravou se inaktivují hydrolytické enzymy, které mohou mít negativní vliv na kvalitu ovsa (Ovando-Martínez et al., 2013). Je vhodné deaktivovat enzymy rozkládající tuky prostřednictvím tepelného ošetření. Pro tyto účely je potřeba, aby extruze byla prováděna nejméně při 70 °C (Lampi et al., 2015), dle Ekstrand et al. (1992) to je minimálně 80 °C. Zvýšení teploty na 110 °C nemá v tomto ohledu větší vliv. Při 130 °C se zvyšuje oxidace tuku a způsobuje ztráty neutrálních lipidů (Lampi et al., 2015). Výskyt lipáz ale může být i pozitivní, například reakce lipázy s povrchově narušeným ovsem může hydrolyzovat skoro všechny mastné kyseliny z lipidů na směs mastných kyselin bohatou na kyselinu linolovou, která je ve volné formě prospěšná organismu (Jaakola et al., 2004).

Lehtinen et al. (2003) zkoumali vliv tepelného ošetření na stabilitu tuků. Po 12 měsíčním skladování měl tepelně ošetřený oves 5 až 7krát více zachovaných lipidů, zmenšila se výrazně jejich oxidace. Neupravený oves má vysokou aktivitu lipáz, jejich působením se snižuje nutriční hodnota a oves získává nahořklou chuť (Lehtinen et al., 2003).

U neošetřeného ovsa dochází ve větší míře k degradaci mastných kyselin hydrolýzou. Více lipáz se nachází v obalech (75 – 80 % z lipáz), ale jsou i v endospermu (20 – 25 %). Aktivita lipáz závisí na teplotě (O'Connor et al., 1992). Ekstrand et al. (1992) také uvádí vyšší aktivitu lipáz v okolí aleuronové vrstvy než přímo v endospermu. Lipázy pracují při neutrálním a zásaditém pH. Při kyselém pH je aktivita lipáz u ovsa velmi malá.

Ekstrand et al. (1993) zkoumali rozdíl mezi ošetřením ovsa pouze vodní párou nebo tepelným záhřevem. Aktivita lipáz zmizela po ošetření vodní párou, ale ne po pouhém zahřátí ovsa. U neošetřeného ovsa je obsah volných mastných kyselin 8 – 9 %. U tepelně upraveného ovsa se po 16 týdnech skladování tato hodnota zvýšila na 13 – 15 %. U vzorků, které nebyly tepelně ošetřené, došlo po 16 týdnech skladování k vzrůstu obsahu volných mastných kyselin na 30 % a po 30 týdnech tento obsah stoupl dokonce na 40 %. Při skladování mouky vzniká méně volných mastných kyselin než při skladování celých zrn. Lipolýza je tedy vyšší u celých zrn.

Zielinski et al. (2001) zkoumali vliv extruze na aktivní látky obsažené v ovsu. Obsah glutathionu během extruze klesl. Obsah melatoninu klesl přibližně o polovinu. Extruze má také vliv na obsah antioxidantů, obsah vitamínu E při extruzi významně snížil. Obsah mikroelementů (Zn, Cu, Mn, Se – jsou součástí enzymů zabraňujících oxidaci) se extruzí ovsa nemění, může dojít k navýšení obsahu železa z konstrukce extrudéru. Sandberg and Alminger (2001) zjistili, že využitím tepelné úpravy se stávají minerály z ovsa méně využitelné než v ostatních obilninách.

4 Metodika

K experimentu bylo využito pět teplokrevných koní ve věku 8 – 18 let. Jedná se o dva valachy plemene český teplokrevník, dvě klisny plemene slovenský teplokrevník a jednoho valacha v teplokrevném typu. Všem koním před experimentem byl kontrolován chrup veterinárním lékařem. Koně byli v kondici, která se pohybuje v hodnotách 5 – 6 (střední kondice až mírná nadváha).

Tabulka 5 – Věk a pohlaví koní v experimentu

Kůň	Pohlaví	Věk
Kůň č. 1	Valach	8
Kůň č. 2	Valach	18
Kůň č. 3	Valach	8
Kůň č. 4	Klisna	14
Kůň č. 5	Klisna	9

Měření bylo provedeno vždy při večerním krmení, které bylo zahájeno pravidelně v 6 hodin. Teplota se během měření pohybovala od 4 do 10°C. Koně dostávali celý oves ještě ráno, všichni ve stejném množství 500 g. Toto krmení měřeno nebylo. Všech 5 koní je boxově ustájeno v areálu JK Počín v Dolních Počernicích. Všichni dostávali stejný příděl sena přibližně 10 kg na den. Všichni koně byli rovnoměrně zatíženi, během 7 dní experimentu byl každý kůň 5 krát využíván na jízdárně jezdeckým klubem.

Čas byl měřen od prvního sousta do odvrácení hlavy koně od žlabu nebo po konstatování, že ve žlabu zbylo již jen malé, únosné množství krmiva. Všichni koně měli pod žlabem přichystané seno, takže se ve žlabu nadměrně dlouho nezdržovali. Koně nebyli během krmení rušeni.

4 koně byli krmeni ze stejného typu žlabu, kůň č. 3 měl jiný typ. U většiny bylo krmivo přijímáno z rohového žlabu trojúhelníkového tvaru, vyrobeného z plastu s objemem 21 litrů. Kůň č. 3 měl rohový žlab s okrajem proti vyhazování krmiva ze žlabu s objemem 20 litrů, který byl navíc vybaven vypouštěcím otvorem. Žlaby byly upevněny ve výšce s ohledem na výšku koně.

Koně byli krmeni v první fázi 7 dní celým ovsem. Oves celý i extrudovaný byl odvážen po 500 g do igelitových sáčků. Celý oves byl vysypáván přímo z igelitového sáčku do žlabu. Vzorek celého ovsa je vidět na obrázku 1.

Obrázek 1 – Celý oves



Po 7 dnech měření příjmu celého ovsa se začal koním podávat extrudát. Velikost jednotlivých granulí byla 1 cm v průměru a délka okolo 2,5 cm. Podávaný extrudát můžete vidět na obrázku 2.

Podmínky výroby extrudátu byly teplota v první komoře extrudéru 40 °C, ve druhé komoře 60 °C a ve třetí před výstupem teplota dosahovala přibližně 130 °C. Na 100 kg materiálu bylo přidáno 6 litrů vody.

Obrázek 2 – Extrudovaný oves



Nejprve se koním podával suchý. První den koně dostali 100 g, druhý den 250 g ve směsi s 250 g celého ovsu a třetí den 400 g čistého extrudátu.

Následně byl koním zkrmován namočený extrudát, protože koně suchý extrudát špatně přijímali. Extrudát byl namočen v 0,5 litru vody, která byla rychle absorbována. Namočení bylo provedeno v kbelíku a do 3 minut předloženo koni do žlabu a poté začalo měření. Doba příjmu byla měřena po dobu 7 dní u 4 koní, první den měření podávání namočeného krmiva nebyl měřen. Návyková doba přechodu na nové krmivo byla 4 dny.

Ke statistickému vyhodnocení byl použit program Statistika 2012 (StatSoft) a tabulkový editor Microsoft Excel 2007. Pro další vyhodnocení byla zvolena a provedena analýza rozptylu pro mnohonásobné porovnávání – Tukeyho-HSD test, který testuje rozdíly mezi dvojicemi průměrů.

5 Výsledky

Celý oves koně konzumovali ochotně, na jeho příjem byli již zvyklí. Doba příjmu byla od minimálního času 1:57 (117 sekund) do maximálního času 5:47 (286 sekund), průměrně $198 \pm 8,9$ sekund (tj. po zaokrouhlení na minuty $3:18 \pm 8,9$ sekund). Detailnější výsledky naleznete v tabulkách 6 a 7.

Tabulka 6 – Čas potřebný k příjmu 500 g celého ovsa v minutách a sekundách

Celý oves	Kůň 1	Kůň 2	Kůň 3	Kůň 4	Kůň 5
Den 1	4:25	4:46	5:47	5:02	4:18
Den 2	3:14	3:01	3:32	2:53	2:28
Den 3	3:26	4:43	3:40	2:15	2:56
Den 4	3:43	3:25	2:32	3:01	2:40
Den 5	3:49	3:10	3:35	2:26	1:57
Den 6	3:15	3:08	2:53	2:49	3:04
Den 7	3:02	3:50	2:15	1:58	2:19

Tabulka 7 – Zpracované výsledky u času potřebného ke krmení 500 g celého ovsa v sekundách

Celý oves	Kůň 1 (s)	Kůň 2 (s)	Kůň 3 (s)	Kůň 4 (s)	Kůň 5 (s)	Celkem (s)
Průměr a střední chyba průměru	$213 \pm 10,6$	$223 \pm 16,9$	$208 \pm 26,4$	$175 \pm 22,8$	$169 \pm 15,9$	$198 \pm 8,9$
Min	182	181	135	118	117	117
Max	265	286	347	302	258	286
Směrodatná odchylka	26,06	41,44	64,61	55,93	41,95	52,56

Objem se po extruzi zvýšil až 2krát, proto jsme radši využili dávkování dle hmotnosti. Koně extrudovaný oves přijímali neochotně. Při podání první navykací dávky 100 g z 5 koní vše přijali 2 koně (kůň č. 1 a č. 4). Dva krmivo úplně odmítali (kůň č. 2 a č. 5) a jeden (kůň č. 3) přijal přibližně polovinu předloženého krmiva. Všichni koně krmivo zkusili přijímat, ale někteří již po první zkoušce krmiva odmítali extrudát přijmout i z ruky.

Druhý den návykového období bylo koním nabídnuto 250 g extrudovaného a 250 g celého ovsa. Koně krmivo selektovali a přednostně konzumovali celá zrna. Tři koně krmnou dávku přijali po 1 hodině, během příjmu konzumovali i seno, o krmení ve žlabu nejevili velký zájem. Další dva koně krmivo přijali až po ochucení sladovým květem. Dále bylo ještě vyzkoušeno v rámci návykového období podání 400 g suchého extrudátu, toto množství krmiva přijal jen jeden kůň (kůň č. 1).

Po namočení v 0,5 litru vody konzumovali extrudát po při prvním předložení 3 koně z 5. Při opětovném podání druhý den začal extrudát přijímat i 4. kůň. Minimální čas potřebný k příjmu této varianty byl 1:16 (76 sekund) a maximální byl 4:17 (257 sekund). Celkový průměrný čas k příjmu 500 g vlhčeného extrudátu byl $174 \pm 6,7$ sekund (po zaokrouhlení v minutách $2:54 \pm 6,7$). Podrobné výsledky naleznete v tabulkách 8 a 9.

Tabulka 8 - Čas potřebný k příjmu 500 g extrudovaného ovsu v minutách a sekundách

Extrudovaný oves	Kůň 1	Kůň 2	Kůň 3	Kůň 4
Den 1	3:04	3:23	4:17	2:22
Den 2	3:08	2:15	3:32	2:14
Den 3	3:07	2:36	2:58	2:19
Den 4	3:02	2:35	2:52	2:10
Den 5	2:50	3:31	4:11	2:02
Den 6	3:10	3:00	2:49	1:58
Den 7	3:31	3:40	3:06	1:16

Tabulka 9 - Zpracované výsledky u času potřebného ke krmení 500 g extrudovaného ovsu v sekundách

Extrudovaný oves	Kůň 1 (s)	Kůň 2 (s)	Kůň 3 (s)	Kůň 4 (s)	Celkově
Průměr a střední chyba průměru	$187 \pm 4,7$	$180 \pm 12,3$	$204 \pm 14,1$	$123 \pm 8,5$	$174 \pm 6,7$
Min	170	135	169	76	76
Max	211	220	257	142	257
Směrodatná odchylka	11,39	30,04	34,50	20,78	39,83

U časů potřebných k příjmu celého ovsu nebyl zaznamenán žádný statisticky významný rozdíl, výsledky jsou uvedeny v tabulce 10. U extrudovaného ovsu byl zaznamenán vysoce významný statistický rozdíl u koně č. 4 vůči všem 3 ostatním koním, hodnoty naleznete v tabulce 11. Při porovnání celkových průměrných časů u konzumace celého a extrudovaného ovsu byl shledán významný statistický rozdíl.

Tabulka 10 – Tukeyho-HSD test - celý oves

	Kůň č. 1	Kůň č. 2	Kůň č. 3	Kůň č. 4
Kůň č. 1		0,985393	0,997109	0,537481
Kůň č. 2	0,985393		0,946333	0,343911
Kůň č. 3	0,997109	0,946333		0,659634
Kůň č. 4	0,537481	0,343911	0,659634	

Tabulka 11 - Tukeyho-HSD test - extrudovaný oves

	Kůň č. 1	Kůň č. 2	Kůň č. 3	Kůň č. 4
Kůň č. 1		0,958454	0,701566	0,001339
Kůň č. 2	0,958454		0,405668	0,004275
Kůň č. 3	0,701566	0,405668		0,000234
Kůň č. 4	0,001339	0,004275	0,000234	

Červeně zvýrazněné hodnoty ukazují statisticky významné rozdíly a zároveň i hladinu významnosti α .

Tabulka 12 - Tukeyho-HSD test - celý x extrudovaný oves

	Celý oves	Extrudovaný oves
Celý oves		0,016800
Extrudovaný oves	0,016800	

Červeně zvýrazněné hodnoty ukazují statisticky významné rozdíly a zároveň i hladinu významnosti α .

Kůň č. 1 přijímal rychleji namočený extrudát než celý. Tento kůň byl jako jediný ochotný přijmout 400 g suchého extrudátu. Jedná se o dobře krmitelného valacha. U celého ovsa se čas pohyboval od 3:02 (182 sekund) do 4:25 (265 sekund), u extrudátu to bylo 2:50 (170 sekund) od 3:31 (211 sekund). Průměrný čas u celého ovsa byl $213 \pm 10,6$ a u extrudátu $187 \pm 4,7$ sekund.

Kůň č. 2 suchý extrudát pouze ochutnal, začal házet hlavou a dále ho nepřijímal. Po namočení znovu vyzkoušel krmivo a bez problémů ho začal přijímat. Jedná se o nejstaršího koně v experimentu, jeho chrup byl kontrolován veterinářem a byl v pořádku. Doba příjmu celého ovsa u něj byla 3:01 (181 sekund) do 4:46 (286 sekund). U extrudátu to bylo od 2:15 (135 sekund) do 3:40 (220 sekund). Průměrný čas u celého ovsa byl $223 \pm 16,9$ a u extrudátu $180 \pm 12,3$ sekund. Tento kůň přijímal celý oves dle průměru naměřených časů nejpomaleji.

Kůň č. 3 má u časů největší odchylky u obou variant ovsa. Kůň částečně přijímal i suchý extrudát. Přijal 250 g suchého extrudátu, u 400 g konzumaci již nedokončil. Jedná se o vzrušivého koně, který někdy vnímal okolní prostředí a v příjmu dělal krátké přestávky. Doba příjmu celého ovsa u něj byla 2:15 (135 sekund) do 5:47 (347 sekund). U extrudátu to bylo od 2:49 (169 sekund) do 4:17 (257 sekund). Průměrný čas u celého ovsa byl $208 \pm 26,4$ a u extrudátu $204 \pm 14,1$ sekund. Tento kůň přijímal extrudát ze 4 měřených koní nejpomaleji.

Kůň č. 4 měl s koněm č. 5 nejrychlejší časy při konzumaci celého ovsa, oba koně jsou klisny. Klisna (kůň č. 4) přijímala relativně dobře suchý extrudát. 100 g přijala nejrychleji ze všech koní, 250 g přijala a u 400 g nedokončila konzumaci. Při prvním podání mokrého extrudátu klisna tuto variantu odmítala přijímat. Tato forma byla klisně předložena ještě jednou a klisna krmivo začala konzumovat. Tím se posunulo měření, bylo zahájeno o den později a ukončeno o den později než u ostatních koní. Tento kůň byl jedinou klisnou, která přijímala vlhčený extrudát, další tři koně byli valaši. Klisna přijímala tuto formu krmiva nejrychleji ze všech koní. Průměrný čas konzumace celého ovsa byl u této klisny $175 \pm 22,8$ a u extrudátu $123 \pm 8,5$ sekund.

Kůň č. 5 byla klisna, která konzumovala zcela nejrychleji celý oves. Čas konzumace celého ovsa byl od 1:57 (117 sekund), což je u 500 g celého ovsa celkově nejrychlejší čas. Nejdělsí zaznamenaná doba příjmu byla u této klisny 4:18 (258 sekund). Průměrný čas byl $169 \pm 15,9$ sekund, což je u celého ovsa vůbec nejrychlejší průměrný výsledek. V druhé fázi experimentu ale klisna již nebyla zařazena, protože odmítala přijmout suchý i mokrý extrudát. Po ochucení sladovým květem a namočení extrudát přijímala. Na sladový květ byla klisna zvyklá ze své běžné krmné dávky.

6 Diskuze

Extruzí se zvyšuje stravitelnost škrobu pro koně (Frape, 2004). Dle Ovando-Martínez et al. (2013) tvrdí, že se zvyšuje o 5 %. Murray et al. (2001) zdůrazňují důležitost využití teploty při extruzi na rychlost degradace škrobu v trávicím traktu. Při zmazovatění dojde ke změně struktury škrobových zrn, což zvyšuje využitelnost škrobu pro organismus a napomáhá zlepšit dostupnost pro enzymatické trávení (Zinn et al., 2002).

Lepší využitelnost škrobu je jedna z hlavních výhod extruze, koním se díky lepší využitelnosti dá krmit menší množství krmiva (Wenholz, 2004). Toto je i potenciální ekonomická výhoda. Dosažením vyšší stravitelnosti se zmenšuje zátěž organismu během trávení.

Kůň č. 3 měl žlab jiného typu (s okraji proti vyhazování krmiva koněm ven), což mohlo zpomalovat rychlost konzumace krmiva. Při konzumaci extrudovaného ovsa měl tento kůň průměrně nejdelší příjem, při konzumaci celého ovsa tento kůň zapsal i maximální čas ze všech koní. Tento kůň ale přijal více krmiva, než například kůň č. 5 při konzumaci celého ovsa. Kůň č. 5 nezhýkal sousto nad žlabem a tak mu část zrn vypadávala do sena, které měl kůň pod žlabem. Ostatní koně zhýkali nad žlabem a krmivo, které jim při procesu vypadlo, opakovaně přijímali. Tento jev se mohl odrazit na tom, že kůň č. 5 měl nejrychlejší čas konzumace celého ovsa.

První měření je nejdelší, koně si teprve zvykali na přítomnost osoby během krmení v boxu. Během některých měření se stalo, že koně na chvíli zaujal nějaký jiný podnět a kůň na chvíli konzumaci přerušil, jedná se o přirozený jev, který je dobré zahrnout v době k příjmu krmiva.

Meyer and Coenen (2003) měřili dobu příjmu 1 kg celých zrn ovsa, koně k příjmu potřebovali přibližně 10 minut. Stejnou dobu uvádí i Zeman a kol. (2005). Je to delší doba, než byla naměřena v tomto pokusu, ale u nás bylo měřeno pouze poloviční množství. Při vynásobení našeho naměřeného času dvěma vychází čas 6:36 k příjmu 1 kg ovsa. Je možné, že by koně druhou polovinu krmiva přijímali pomaleji.

Nevýhodou krmení celého ovsa je jeho prašnost a nižší stravitelnost. K dobrému využití je třeba, aby kůň toto krmivo dobře rozžvýkal, jde hlavně o narušení obalů zrna a následnou přístupnost pro trávicí enzymy a mikroorganismy. To může být problém u koní, kteří mají potíže s chrupem, u mladých koní s nedovyvinutým chrupem u koní kteří krmivo příliš hltají a nedostatečně přežvýkají a u koní s jinými trávicími obtížemi. Jednoduchým ověřením využitelnosti je kontrola výkalů, zda se v nich nevyskytují celá zrna.

Pokud tam zrna jsou, je vhodné využít upravená krmiva. Pro zdravé koně s chrupem v dobrém může být celý oves vhodným krmivem. Někteří výrobci granulovaných krmných směsí doporučují přidávání celého či mačkaného ovsa kvůli obsahu dietetické vlákniny, která se při úpravách krmiv jako je granulace ničí. Obsah vlákniny podporuje žvýkání, proslinění sousta a vláknina i dráždí stěny trávicího traktu, což se projeví vyšší produkcí trávicích šťáv.

Mačkaný oves kvůli narušení povrchu zrna a vyššímu obsahu tuku v zrnu ovsa rychle žlukne. Proto by v namačkané formě neměl být skladován a měl by být podáván čerstvě namačkaný. Pro menší stáje může být pořízení mačkače velmi nákladné, takže by pro ně mohlo být lepší variantou zkrmovat extrudát, který se dá dovézt z výroby krmiv a skladovat po delší dobu.

Další variantou je šrotování ovsa, které se ovšem v praxi pro krmení příliš nevyužívá. Nevýhodou je prašnost, koně vdechují část šrotu do nozder a může docházet ke kašlání a jiným obtížím v dýchací soustavě. Může být zkrmován vlhčený, nevýhodou je viskozita přijímané potravy v trávicí soustavě a tím i horší využitelnost. Stejně jako mačkaný není vhodný pro skladování.

Někteří majitelé koní ovšem nechtějí oves koním krmit kvůli obsahu aveninu, který působí excitačně na centrální nervovou soustavu krmiv. U vznětlivějších koní je z obilnin vhodnějším krmivem ječmen. Mnoho průmyslově vyráběných krmiv oves neobsahuje i z těchto důvodů. Naopak některým koním může dodat žádaný temperament. Oves se doporučuje krmit chovným koním kvůli zvýšení libida a zvýšené tvorbě mléka.

Hill (2002) zdůrazňuje důležitost pozorování koně během krmení. Vyskytuje se několik typů chování dle předkládané potravy. Chování se během podávání jednoho krmení může časem měnit a koně si na nové krmivo můžou nebo nemusí zvyknout. Bohužel se toto nedá jasně statisticky vyhodnotit. Během konzumace extrudátu v našem experimentu koně házeli hlavou, konzumace suchého a expandovaného extrudátu pro ně nebyla příjemná.

Při delším navykacím období existuje možnost, že by koně suchý extrudát začali přijímat. Ideálně by mohlo být krmivo ponecháno ve žlabu po celou noc, tuto možnost jsem bohužel neměla. Toto řešení by bylo vhodné pouze u suché verze, u mokré by mohlo dojít k nežádanému rozvoji mikroorganismů. Když koně krmivo nepřijali, dostali dle domluvy s jejich majitelkou celý oves. Briggs (2001) ale uvádí, že někteří koně se nenaučí toto krmivo přijímat nikdy.

Dle Briggs (2001) koním může vadit nezvyklý tvar krmiva a struktura krmiva nebo i pach a chuť. Domnívám se, že překážkou k příjmu suchého extrudátu nebyla chuť, pach ani tvar krmiva, ale fyzikální vlastnosti během příjmu. Koním se materiál lepil v dutině ústní a potravu špatně posouvali dále do jícnu. V pokusu od de Fombelle et al. (2001) přijímali extrudovaný ječmen 3 z 6 koní.

Dle mého názoru je vhodné extrudovaný oves krmit v menší velikosti granulí ve směsi s chutnějším krmivem. I kůň č. 5 extrudát konzumoval po smíchání se sladovým květem a zvlhčení. Další možností by mohlo být ochucení granulí například melasou. Komerčně vyráběná extrudovaná krmiva nebývají tolik expandovaná a koňmi jsou dobře přijímána, zpravidla se ale jedná o extrudát složený z více složek.

Když koně suchý extrudát nepřijímali, bylo rozhodováno mezi našrotováním a máčením granulí. Nejprve byla vyzkoušena máčená varianta, kterou většina koní bez problémů přijímala. Domnívám se, že šrotování by problém s příjmem nevyřešilo.

Důsledky kratší doby příjmu u máčeného extrudátu jsou kromě vyšší ochoty k příjmu spíše negativní. Nevýhodou vlhčené verze je, že koně přijímají potravu kratší dobu, méně žvýkají, což způsobí menší proslinění sousta a také koně zabaví po kratší dobu, takže může dojít ke vzniku stereotypů v chování. Potrava putuje rychleji do žaludku, který má malý objem a měl by být naplňován postupně. Někteří koně v našem experimentu toto krmivo dokonce hltali. Další nevýhodou máčené varianty je při delším ponechání ve žlabu riziko pomnožení mikroorganismů a bakterií. Navíc dochází k nevyužití výhody bezprašnosti extrudátu.

Největší statisticky významný rozdíl byl nalezen u koně č. 4 při příjmu vlhčeného extrudátu. Průměr se významně liší vzhledem ke všem 3 ostatním koním. Rozdíl v době příjmu mezi celým a extrudovaným ovšem je statisticky významný.

Obecně převažuje snaha prodloužit dobu příjmu krmiv kvůli vyššímu proslinění sousta a i postupnějšímu naplnění žaludku koně, který má relativně malý objem. Je to důležitější u boxově chovaných koní, kteří nemají možnost průběžně konzumovat krmivo jako koně pastevně chovaní. Výhodou příjmu suchého extrudátu je delší doba příjmu, koně přijímají extrudovaný oves o 22 - 32 % déle než celý (Briggs, 2001). Vlhčený extrudát v našem experimentu naopak konzumovali průměrně o 12 % rychleji než celý oves. Další dietetickou výhodou je dobrá stravitelnost v tenkém střevě, což zamezuje většímu přísunu rychle fermentovatelných sacharidů do slepého a tlustého střeva, což následně omezuje riziko vzniku kolik.

Výhodou extrudátu je prodloužená doba, po kterou je možné krmivo skladovat, díky tepelné deaktivaci enzymů a nízké vlhkosti (okolo 10 %). Zvyšuje se také hygienická čistota krmiva díky využití vysoké teploty při zpracování. Toto je jeden z hlavních důvodů, proč by mohl být extrudovaný oves dobrou alternativou místo mačkaného ovsa, který se ve stájích běžně krmí. Nevýhodou může být vyšší objem extrudátu, což vede k vyšším nárokům na skladovací prostory. Další nevýhodou je možná deaktivace vitaminů během extruze vysokou teplotou, takže by se vitaminy měly přidávat formou nástřiku na granule nebo jiným podáním vitaminového doplňku.

Koně mají schopnost selektovat a odmítat malé části krmiva z celkové krmné dávky (Kern and Bond, 1972). Výhodou extrudovaných krmiv je možnost namíchání jednotlivých složek již před extruzí, takže koně nemají možnost selektovat krmiva dle preferencí.

Krmení upravovaného ovsa je vhodné především pro starší koně, koně se špatnými zuby a mladé koně s nedovyvinutými zuby nebo v období výměny mléčného chrupu za stálý. Dále je vhodný pro sportovní koně, protože je velmi dobře stravitelný, méně zatěžuje trávicí trakt a dá se ho krmit menší množství než celých obilnin. Kvůli omezení prašnosti je vhodné extrudát předkládat dušným koním.

7 Závěr

Cílem práce bylo zhodnotit přijímání extrudátu koňmi. Hypotéza byla vyvrácena, koně vlhčený ovesný extrudát přijímali rychleji než celý, neupravený, suchý oves. Zlepšení přístupnosti škrobových zrn je potvrzeno v literární rešerši několika autory.

Koně přijímali rychleji máčený extrudovaný oves. Suchý extrudát přijímali obtížně. Při příjmu vlhčeného extrudátu se doba potřebná ke žvýkání zkracuje. Krmení mokrého extrudátu je vhodnou variantou pro koně, kteří odmítají přijímat suchý extrudát. Nevýhodou je, že koně přijímají potravu kratší dobu, což způsobí menší proslinění sousta a také koně zabaví po kratší dobu, takže může dojít ke vzniku stereotypů v chování. Moc rychlý příjem krmiva může také způsobit poruchy trávicí soustavy. Další nevýhodou máčené varianty je, při delším ponechání ve žlabu, riziko pomnožení mikroorganismů a bakterií. Vhodnější variantou by mohlo být krmení ve směsi s jinými, chutnějšími krmivy například ve formě müsli nebo ochucení například melasou.

8 Použitá literatura

- Ainsworth, P. 2012. Extrusion. In: Brennan, J. G. Grandison, A. S. (Eds.). Food processing handbook. John Wiley & Sons. Weinheim. Germany. 777 p. ISBN: 978-3-527-32468-2.
- Alonso, R. Rubio, L. A. Muzquiz, M. Marzo, F. 2001. The effect of extrusion cooking on mineral bioavailability in pea and kidney bean seed meals. *Animal Feed Science and Technology*. 94 (1). p. 1-13.
- Åman and Freferiksson (2001) Starch and Dietary Fibre in Oat Products. In: 3rd European Conference on Functional Properties in OATS, Uppsala, Sweden, May 17-18, 2001. Swedish University of agricultural science.
- Ao, Z. Jane, J. L. 2007. Characterization and modeling of the A-and B-granule starches of wheat, triticale, and barley. *Carbohydrate Polymers*. 67 (1). p. 46-55.
- Arendt, E. K. Zannini, E. 2013. Oats. *Cereal Grains for the Food and Beverage Industries*. p. 243-282.
- Bailoni, L. Mantovani, R. Pagnin, G. Schiavon, S. 2006. Effects of physical treatments on the resistant starch content and in vitro organic matter digestibility of different cereals in horses. *Livestock Science*. 100 (1). p. 14-17.
- Baud, B. Colonna, P. Della Valle, G. Roger, P. 2001. Macromolecular degradation of Extruded Starches Measured by HPSEC-MALLS. In: Barnsby, T. L. Donald, A. M. Frazier, P. J. (Eds.). *Starch – Advances in Structure and Function*. The Royal Society of Chemistry. UK. p. 28 - 40. ISBN: 0-854040-860-X.
- Biddle, A. S. Black, S. J. Blanchard, J. L. 2013. An in vitro model of the horse gut microbiome enables identification of lactate-utilizing bacteria that differentially respond to starch induction. *PloS one*. 8 (10), e77599.
- Boczkowska, M. Podyma, W. Łapiński, B. 2016. Oat. *Genetic and Genomic Resources for Grain Improvement*. p. 159-225.
- Bonhomme-Florentin, A. 1988. Degradation of hemicellulose and pectin by horse caecum contents. *British Journal of Nutrition*. 60. p. 185–192.

- Brøkner, C. Knudsen, K. B. Karaman, I. Eybye, K. L. Tauson, A. H. 2012. Chemical and physicochemical characterisation of various horse feed ingredients. *Animal feed science and technology*. 177 (1). p. 86-97.
- Bryngelsson, S. Dimberg, L. H. Kamal-Eldin, A. 2002. Effects of commercial processing on levels of antioxidants in oats (*Avena sativa* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50 (7). p. 1890-1896.
- Buckley, T. C. 2003. Coping with mycotoxin contamination: protecting equine performance and health. *Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries*. Nottingham University Press, Nottingham. UK. p. 433-437.
- Cairns, M. C. Cooper, J. J. Davidson, H. P. B. Mills, D. S. 2002. Association in horses of orosensory characteristics of foods with their post-ingestive consequences. *Animal science*. 75 (2). p. 257-265.
- Camire, M. E. Camire, A. Krumhar, K. 1990. Chemical and nutritional changes in foods during extrusion. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*. 29 (1). p. 35-57.
- Casini, L. Magni, L. Liponi, G. B. Gatta, D. 2002. Evaluation of digestibility of two rations with different starch processing systems in thoroughbred racehorses. *Proc 4th Convegno „Nuove acquisizioni in materia di Ippologia“*. Campobasso. Italy.
- Cichorska, B. Komosa, M. Nogowski, L. Maćkowiak, P. Józefia, D. 2014. Significance of nutrient digestibility in horse nutrition – a review. *Annals of Animal Science*. 14 (4). p. 779-797.
- Colonna, P. Tayeb, J. Mercier, C. 1989 Extrusion cooking of starch and starchy products. In: Mercier, C. Linko, P. Harper, J. M. (eds.). *Extrusion Cooking*. AACC. USA. p. 247-319.
- Cowan, A. A. Valentine, J. Middleton, B. T. 2001. Oats as Animal Feed. In: 3rd European Conference on Functional Properties in OATS, Uppsala, Sweden, May 17-18, 2001. Swedish University of agricultural science.
- Cooper, J. J. McCall, N. Johnson, S. Davidson, H. P. B. 2005. The short-term effects of increasing meal frequency on stereotypic behaviour of stabled horses. *Applied animal behaviour science*, 90 (3), p. 351-364.

- Cunha, T. J. 1991. Horse feeding and nutrition – 2nd edition . Academic Press. San Diego. 445 p. ISBN: 978-0121965617.
- Creighton, E. Hockenull, J. 2010. Feeding routine risk factors associated with pre-feeding behavior problems in UK leisure horses. *Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research*. 5 (1), p. 48.
- Davies, Z. 2009. *Introduction to Horse Nutrition*. Blackwell Publishing. Oxford. United Kingdom. 240 p. ISBN: 978-1-4051-6998-1.
- Dušek, J. Misař, D. Müller, Z. Navrátil, J. Rajman, J. Tluchoř, V. Žlumov, P. 2007. *Chov koní*. Brázda. Praha. 2. vydání. 400 s. ISBN: 80-209-0352-6.
- Ellis, A. D. Hill, J. (eds.). 2005. *Nutritional Physiology of the Horse*. Nottingham University Press. Nottingham. United Kingdom. 361 p. ISBN: 1-897676-16-8.
- Emmons, C. L. Peterson, D. M. 1999. Antioxidant activity and phenolic contents of oat groats and hulls. *Cereal Chemistry*. 76 (6). p. 902-906.
- Eurola, N., Kontturi, M. Tuuri, H. 2004. Effect of nitrogen fertilization on the phytic acid, mineral and trace element contents of oats. In: Peltonen-Sainio, O. Topi-Hulmi, M. (eds.) *Proceedings 7th International Oat Conference*. MTT, Agrifood Research Finland. Jokioinen, Finland. p. 218. ISBN 951-729-897-X.
- Doehlert, D. C. Angelikousis, S. Vick, B. 2010. Accumulation of oxygenated fatty acids in oat lipids during storage. *Cereal chemistry*. 87 (6), p. 532-537.
- Dicks, L. M. T. Botha, M. Dicks, E. Botes, M. 2014. The equine gastro-intestinal tract: an overview of the microbiota, disease and treatment. *Livestock Science*. 160. p. 69-81.
- Dimberg, L. H. Molteberg, E. L. Solheim, R. Frølich, W. 1996. Variation in oat groats due to variety, storage and heat treatment. I: Phenolic compounds. *Journal of Cereal Science*. 24 (3), p. 263-272.
- De Fombelle, A. Julliand, V. Drogoul, C. Jacotot, E. 2001. Feeding and microbial disorders in horses: 1-Effects of an abrupt incorporation of two levels of barley in a hay diet on microbial profile and activities. *Journal of Equine Veterinary Science*. 21 (9), p. 439-445.

De Fombelle, A. Varloud, M. Goacher, A. G. Jacotot, E. Philippeau, C. Drogoul, C. Julliand, V. 2003. Characterization of the microbial and biochemical profile of the different segments of the digestive tract in horses given two distinct diets. *ANIMAL SCIENCE-GLASGOW THEN PENICUIK*, 77 (2), p. 293-304.

Doležal, P. Zeman, L. Kopřiva, A. 2006. Konzervace a úpravy krmiv. In: Zeman, L. Doležal, P. Kopřiva, A. Mrkvicová, E. Procházková, J. Ryant, P. Skládanka, J. Straková, E. Suchý, P. Veselý, P. Zelenka, J. (Eds.). *Výživa a krmení hospodářských zvířat*. s. 161 - 186. ISBN: 80 86726-17-7.

Drastichová, K. 2005. Faktory ovlivňující mykotoxikologickou kvalitu ovsa. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. ISBN 80-7040-843-0.

Drzikova, B. Dongowski, G. Gebhardt, E. Habel, A. 2005. The composition of dietary fibre-rich extrudates from oat affects bile acid binding and fermentation in vitro. *Food Chemistry*. 90 (1). p. 181-192.

Ekstrand, B. Gangby, I. Akesson, G. 1992. Lipase activity in oats—distribution, pH dependence and heat inactivation. *Cereal Chemistry*. 69 (4). p. 379-381.

Ekstrand, B. Gangby, I. Åkesson, G. Stöllman, U. Lingnert, H. Dahl, S. 1993. Lipase activity and development of rancidity in oats and oat products related to heat treatment during processing. *Journal of Cereal Science*. 17 (3). p. 247-254.

Ellis, A. D. Hill, J. 2005. *Nutritional physiology of the horse*. Nottingham University Press. 361 p. ISBN: 1897676468.

Esposito, F. Arlotti, G. Bonifati, A. M. Napolitano, A. Vitale, D. Fogliano, V. 2005. Antioxidant activity and dietary fibre in durum wheat bran by-products. *Food Research International*. 38 (10). p. 1167-1173.

Forbes, J. M. 2007. *Voluntary Food Intake and Diet Selection in Farm Animals*. CABI. p. 453. ISBN: 1845932803.

Frape, D. 2004. *Equine Nutrition and Feeding*. Third Edition. Blackwell Publishing. Oxford. United Kingdom. 649 p. ISBN: 1-4051-0598-4.

- Fuller, M. F. 2004. The encyclopedia of farm animal nutrition. CABI Publishing. Oxon. 605 p. UK. ISBN: 0851993699.
- Fulcher, R. G. 1986. Morphological and chemical organization of the oat kernel. In: Webster, F. H. (ed.) Oats: Chemistry and Technology. American Association of Cereal Chemists, St. Paul. Minnesota. USA. p. 47 -74. ISBN: 0-913250-30-9.
- Garlipp, F, Hessel, E. F. H. Van den Weghe. H. F. A. 2011. Effects of Three Different Liquid Additives Mixed with Whole Oats or Rolled Oats on the Generation of Airborne Particles from an Experimental Simulating Horse Feeding. Journal of Equine Veterinary Science. 31 (11). p. 630-639.
- Gidley, M. J. 2001. Starch Structure / Function Relationships: Achievements and Challenges. In: Barnsby, T. L. Donald, A. M. Frazier, P. J. (Eds.). Starch – Advances in Structure Function. The Royal Society of Chemistry. UK. p. 1 – 8. ISBN: 0-854040-860-X.
- Gebhard, E. Habel, A. Dongowski, G. Drzikova, B. Hampshire, J. 2004. Bifunctional oat products: Technology and nutritional effect. In: Peltonen-Sainio, O. Topi-Hulmi, M. (eds.). Proceedings 7th International Oat Conference. MTT, Agrifood Research Finland. Jokioinen, Finland. p. 205. ISBN 951-729-897-X.
- Gill, A. Easier digestibility is among the benefits of using processed feeds over sweet grain mixes [online]. Equi – force. [cit. 2016-03-12]. Dostupné z <<http://www.equiforce.com/alternative-feeds-for-racehorses.aspx>>.
- Godwin, S. Benefits of feeding Extruded Feeds. Hyfeed – health food for horses. [cit. 2016-03-12]. Dostupné z <<http://www.hyfeed.com.au/hyfeed/health/Benefits-of-feeding-extruded-feeds#>>.
- Goodwin, D. Davididson, H. P. B. Harris, P. 2005. Selection and acceptance of flavours in concentrate diets for stabled horses. Applied Animal Behaviour Science 95 (2005). p. 223-232.
- Gordon, M. E. Jerina, M. L. Raub, R. H. Davison, K. E. Young, J. K. 2008. The effects of feed form on consumption time and glucose and insulin response to a concentrate meal in equine. Journal of Equine Veterinary Science. 28 (5). p. 289-294.

- Grenus, K. M. Hsieh, F. Huff, H. E. 1993. Extrusion and extrudate properties of rice flour. *Journal of Food Engineering*. 18 (3). p. 229-245.
- Guy, R. 2001. Raw materials for extrusion cooking. In: Guy, R. (ed.). *Extrusion cooking – Technologies and applications*. Woodhead Publishing Limited. Cambridge. United Kingdom. p. 5 - 28. ISBN: 1-85573-559-8.
- Hampshire, J. 2004. Variation in the content of nutrients in oats and its relevance for the production of cereal products. In: Peltonen-Sainio, O. Topi-Hulmi, M. (eds.). *Proceedings 7th International Oat Conference*. MTT, Agrifood Research Finland. Jokioinen, Finland. p. 28. ISBN 951-729-897-X.
- Hancock, J. F. 2003. *Plant evolution and the origin of crop species*, 3rd Edition. Michigan State University, USA. 241 p. ISBN: 978-1-84593-80-17.
- Hill, J. 2002. Effect of level of inclusion and method of presentation of a single distillery by-product on the processes of ingestion of concentrate feeds by horses. *Livestock Production Science*. 75 (2) p. 209-218.
- Hill, J. 2007. Impacts of nutritional technology on feeds offered to horses: A review of effects of processing on voluntary intake, digesta characteristics and feed utilisation. *Animal Feed Science and Technology*. 138 (2). p. 92-117.
- Hintz, H. F. 2001 *Nutrition Science: Basics of horse nutrition*. *Journal of Equine Veterinary Science*. 21 (2). p. 92.
- Hoffman, C. J. Costa, L. R. Freeman, L. M. 2009. Survey of feeding practices, supplement use, and knowledge of equine nutrition among a subpopulation of horse owners in New England. *Journal of Equine Veterinary Science*. 29 (10), p. 719-726.
- Holas, J. Plocek, J. 1989. Požadavky na kvalitu zrna pro mlýnsko pekárenské použití. Sborník referátů z V. celonárodní konference „Aktuální otázky jakosti zrna při další intenzifikaci výroby obilovin v ČR“. Praha – Kroměříž, s. 9-22.
- Hoover, R. Smith, C. Zhou, Y. Ratnayake, R. M. W. S. 2003. Physicochemical properties of Canadian oat starches. *Carbohydrate Polymers*. 52 (3). p. 253-261.

- Houpt, K. A. 1995. New perspectives on equine stereotypic behaviour. *Equine veterinary journal*. 27 (2). p. 82-83.
- Hu, X. Xing, X. Ren, C. 2010. The effects of steaming and roasting treatments on β -glucan, lipid and starch in the kernels of naked oat (*Avena nuda*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 90 (4). p. 690-695.
- Hussein, H. S. Vogedes, L. A. 2003. Review: forage nutritional value for equine as affected by forage species and cereal grain supplementation. *The Professional Animal Scientist*. 19(5). p. 388-397.
- Hymøller, L. Dickow, M. S. Brøkner C. Austbø, D. Jensen, S. K. 2012. Cereal starch, protein, and fatty acid pre-caecal disappearance is affected by both feed technological treatment and efficiency of the chewing action in horses. *Livestock Science*. 150 (1 - 3). p. 159-169.
- Chahal, U. S., Niranjan, P. S. Kumar, S. *Handbook of General Animal Nutrition*. Lucknow, IND: IBDC, 2008. ProQuest ebrary. Web. 23 November 2015.
- Cheyne, A. Barnes, J. Wilson, D. I. 2001. Modelling of Starch Extrusion and Damage in Industrial Forming Processes. In: Barnsby, T. L. Donald, A. M. Frazier, P. J. (Eds.). *Starch – Advances in Structure and Function*. The Royal Society of Chemistry. UK. p. 9–26. ISBN: 0-854040-860-X.
- Jaakola, S. Lehtinen, P. Lehto, S. Vahvaselkä, M. Laakso, S. 2004. Oat enzymes – a key to value added oat products. In: Peltonen-Sainio, O. Topi-Hulmi, M. (eds.). *Proceedings 7th International Oat Conference*. MTT, Agrifood Research Finland. Jokioinen, Finland. p. 118. ISBN 951-729-897-X.
- Jane, J. L. 2007. Structure of starch granules. *Journal of applied glycoscience*. 54 (1). p. 31-36.
- Ji, Q. Oomen, R. J. Vincken, J. P. Bolam, D. N. Gilbert, H. J. Suurs, L. C. Visser, R. G. 2004. Reduction of starch granule size by expression of an engineered tandem starch binding domain in potato plants. *Plant biotechnology journal*. 2 (3). p. 251-260.
- Jose-Cunilleras, E. Taylor, L. E. Hinchcliff, K. W. 2004. Glycemic index of cracked corn, oat groats and rolled barley in horses. *Journal of animal science*. 82 (9), p. 2623-2629.

- Julliand, V. De Fombelle, A. Varloud, M. 2006. Starch digestion in horses: The impact of feed processing. *Livestock Science*. 100. p. 44-52.
- Julliand, V. Philippeau, C. Goachet, A-G. Ralston, S. 2008. Physiology of intake and digestion in equine animals. In: Saastamoinen, M. T. Martin-Rosset, W. (eds.). *Nutrition of the exercising horse*. Wageningen Academic Publishers. The Netherlands. ISBN: 978-90-8686-071-5.
- Karlsson, C. P. Lindberg, J. E. Rundgren, M. 2000. Associative effects on total tract digestibility in horses fed different ratios of grass hay and whole oats. *Livestock Production Science*, 65 (1), p. 143-153.
- Kennedy, M. A. P. Currier, T. Glowaky, J. Pagan, J. D. 1999. The influence of fruit flavors on feed preference in thoroughbred horses. *Proceedings of KER Nutrition conference*. p. 70-72.
- Kentucky Equine Research Center. 2005. Get Scoop on Feed Forms. *Equine News – Kentucky Equine Research Nutrition and Health Daily*. [cit. 2016-03-12]. Dostupné z <<http://www.equine.com/article/get-the-scoop-on-feed-forms>>.
- Kern, D. Bond, J. 1972. Eating Patterns of Ponies fed Diets Ad-libitum. *Journal of Animal Science*. 35 (1), p. 285.
- Lampi, A. M. Damerou, A. Li, J. Moisio, T. Partanen, R. Forssell, P. Piironen, V. 2015. Changes in lipids and volatile compounds of oat flours and extrudates during processing and storage. *Journal of Cereal Science*. 62. p. 102-109.
- Lehtinen, P. Kiiliäinen, K. Lehtomäki, I. Laakso, S. 2003. Effect of heat treatment on lipid stability in processed oats. *Journal of Cereal Science*. 37 (2). p. 215-221.
- Lillford, P. J. 2008. Extrusion. In: Aguilera, J. M., & Lillford, P. J. (Eds.). *Food materials science: principles and practice*. Springer Science & Business Media. p. 415 – 437. ISBN: 978-0-387-71946-7.
- Liu, Y. Hsieh, F. Heymann, H. Huff, H. E. 2000. Effect of Process Conditions on the Physical and Sensory Properties of Extruded Oat-Corn Puff. *Journal of Food Science*. 65 (7). p. 1253-1259.

- Lindberg, J. E., Essén-Gustavsson, B. Dahlborn, K. Gottlieb-Vedi, M. Jansson, A. 2006. Exercise response, metabolism at rest and digestibility in athletic horses fed high-fat oats. *Equine Veterinary Journal*. 38 (36). p. 626-630.
- Lue, S. Huff, H. E. 1991. Extrusion cooking of corn meal and sugar beet fiber: effects on expansion properties, starch gelatinization, and dietary fiber content. *Cereal chemistry*.
- MacArthur-Grant, L. A. 1986. Sugars and nonstarchy polysaccharides in oats. In: Webster, F. H. (ed.) *Oats: Chemistry and Technology*. American Association of Cereal Chemists, St. Paul. Minnesota. USA. p. 47 -74. ISBN: 0-913250-30-9.
- Martínez-Tomé, M. Murcia, M. A. Frega, N. Ruggieri, S. Jiménez, A. M. Roses, F. Parras, P. 2004. Evaluation of antioxidant capacity of cereal brans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52 (15). p. 4690-4699.
- Martin-Rosset W. (Ed.). 2015. *Equine nutrition: INRA Nutrient requirements, recommended allowances and feed tables*. Wageningen Academy Publishers. Netherlands- ISBN: 978-90-8686-237-5.
- May, W. E. Mohr, R. M. Lafond, G. P. Johnston, A. M. Craig Stevenson, F. 2004. Effect of nitrogen, seeding date and cultivar on oat quality and yield in the eastern Canadian prairies. *Canadian journal of plant science*. 84 (4). p. 1025-1036.
- Mc Greevy, P. D. Cripps, P. J. French, N. P. Green, L. E. Nicol, C. L. 1995. Management factors associated with stereotypic and redirected behaviour in the Thoroughbred horse. *Equine Veterinary Journal (United Kingdom)*. v. 27 (2), p. 86-91.
- McLean, B. M. L. Hyslop, J. J. Longland, A. C. Cuddeford, D. Hollands, T. 2000. Physical processing of barley and its effects on intra-caecal fermentation parameters in ponies. *Animal Feed Science and Technology*. 85 (1). p. 79-87.
- Menon, R. Gonzales, T. Ferruzzi, M. Jackson, E. Winderl, D. Watson, J. 2016. *Oats – From Farm to Fork*. Advances in Food and Nutrition Research.
- Meyer, H. Coenen, M. 2003. *Krmení koní: současné trendy ve výživě*. Praha. Euromedia Group – Ikar. 254 s. ISBN 80-249-0264-8.

- Milne, E. M. Pogson, D. M. Doxey, D. L. 1990. Secondary gastric impaction associated with ragwort poisoning in three ponies. *The Veterinary record*. 126 (20). p. 502-504.
- Moisio, T. Forssell, P. Partanen, R. Damerau, A. Hill, S. E. 2015. Reorganisation of starch, proteins and lipids in extrusion of oats. *Journal of Cereal Science*. 64. p. 48-55.
- Morgan, D. 2004. *Feeding Your Horse for Life*. Half Halt Press Inc. Boonsboro. USA. ISBN: 0-939481-68-5.
- Mottaz, J. Bruyas, L. Optimised thermal performance in extrusion. In: Guy, R. (ed.). *Extrusion cooking – Technologies and applications*. Woodhead Publishing Limited. Cambridge. United Kingdom. p. 51 -82. ISBN: 1-85573-559-8.
- Moudrý, J. 2003. *Tvorba výnosu a kvalita ovsa: vědecká monografie*. Jihočeská univerzita. České Budějovice. 167 s.
- Mrkvicová, E. 2006. Zrniny. In: Zeman, L. Doležal, P. Kopřiva, A. Mrkvicová, E. Procházková, J. Ryant, P. Skládanka, J. Straková, E. Suchý, P. Veselý, P. Zelenka, J. (Eds.). *Výživa a krmění hospodářských zvířat*. s. 130 – 135. ISBN: 80-86726-17-7.
- Murray, S. M. Flickinger, E. A. Patil, A. R. Merchen, N. R. Brent, J. L. Fahey, G. C. 2001. In vitro fermentation characteristics of native and processed cereal grains and potato starch using ileal chyme from dogs. *Journal of animal science*. 79 (2), p. 435-444.
- Muthukumarappan and Karunanithy. 2012. Extrusion Process Design. In: Rahman, S. Ahmed, J. (Eds.). *Handbook of food process design*. John Wiley & Sons. p. 710 – 735. ISBN: 978-1-4443-3011-3.
- Niederl, M. Anen, C. Simhofer, H. Peham C. 2006. Kinematic analysis of the chewing cycle of horses before and after dental treatment. *Journal of Biomechanics*. 39 (1). 567 p.
- Noomhorm, A. Ahmad, I. Anal, A. K. 2014. *Functional Foods and Dietary Supplements: Processing Effects and Health Benefits*. Wiley-Blackwell Publishing. 489 p. ISBN: 978-1-118-22787-9.
- O'Connor, J. Perry, H. J. Harwood, J. L. 1992. A comparison of lipase activity in various cereal grains. *Journal of Cereal Science*. 16 (2). p. 153-163.

- Ott, E. A. Kivipelto, J. McQuagge, J. 1999. Feeding of complete, extruded feed to mares. *Journal of Equine Veterinary Science*. 19 (7). p. 459-462.
- Ovando-Martínez, M. Whitney, K. Reuhs, B. L. Doehlert, D. C. Simsek, S. 2013. Effect of hydrothermal treatment on physicochemical and digestibility properties of oat starch. *Food research international*. 52 (1), p. 17-25.
- Owen, J. B. 1992. Genetic aspects of appetite and feed choice in animals. *The Journal of Agricultural Science*. 119 (2). p. 151-155.
- Peterson, D. M. 2001. Oat antioxidants. *Journal of cereal science*. 33 (2). p. 115-129.
- Peterson, D. M. 2004. Oat – a multifunctional grain. In: Peltonen-Sainio, O. Topi-Hulmi, M. (eds.). *Proceedings 7th International Oat Conference*. MTT, Agrifood Research Finland. Jokioinen, Finland. p. 21 – 26. ISBN 951-729-897-X.
- Peterson, D. M. Brinegar, A. C. Webster, F. H. 1986. Oat storage proteins. *Oats: Chemistry and technology*. p. 153-203.
- Pfister, J. A. 1999. Behavioral strategies for coping with poisonous plants. In: Launchbaugh, K. Sanders, K. D. Mosley J. C. (Eds.). *Grazing behavior of livestock and wildlife*. Moscow. Idaho Forest, Wildlife, and Range Experimental Station Bulletin. 70. p. 45-59.
- Piispa, E. Alho-Lehto, P. 2004. Oat Products digestibility studies and their nutritional information. In: Peltonen-Sainio, O. Topi-Hulmi, M. (eds.). *Proceedings 7th International Oat Conference*. MTT, Agrifood Research Finland. Jokioinen, Finland. p. 100. ISBN 951-729-897-X.
- Provenza, F. D. Villalba, J. J. Dziba, L. E. Atwood, S. B. Banner, R. E. 2003. Linking herbivore experience, varied diets, and plant biochemical diversity. *Small ruminant research*. 49 (3). p. 257-274.
- Ralston, S. L. 2005. Feeding dentally challenged horses. *Clinical Techniques in Equine Practice*. 4 (2). p. 117-119.
- Ramos, A. J. Fink-Gremmels, J. Hernández, E. 1996. Prevention of toxic effects of mycotoxins by means of nonnutritive adsorbent compounds. *Journal of Food Protection*. 59 (6). p. 631-641.

- Redaelli, R. Sgrulleta, D. De Stefanis, E. 2001. Genetic variability for chemical components in sixty European oat (*A. sativa*) cultivars. In: 3rd European Conference on Functional Properties in OATS, Uppsala, Sweden, May 17-18, 2001. Swedish University of agricultural science.
- Redmond, M. J. 2001. Oat Processing: Evolution and Revolution. In: 3rd European Conference on Functional Properties in OATS, Uppsala, Sweden, May 17-18, 2001. Swedish University of agricultural science.
- Riaz, M. N, Selecting the right extruder. In: Guy, R. (ed.). Extrusion cooking – Technologies and applications. Woodhead Publishing Limited. Cambridge. United Kingdom. p. 29 - 50. ISBN: 1-85573-559-8.
- Richards, N. Choct, M. Hinch, G. N. Rowe, J. B. 2004. Examination of the use of exogenous α -amylase and amyloglucosidase to enhance starch digestion in the small intestine of the horse. *Animal feed science and technology*. 114 (1). p. 295-305.
- Runyon, J. R. Sunilkumar, B. A. Nilsson, L. Rascon, A. Bergenståhl, B. 2015. The effect of heat treatment on the soluble protein content of oats. *Journal of Cereal Science*. 65. p. 119-124.
- Salmenkallio-Marttila and Autio, 2001. Microstructure of oats and oat products. In: 3rd European Conference on Functional Properties in OATS, Uppsala, Sweden, May 17-18, 2001. Swedish University of agricultural science.
- Samley, K. Brown, J. Brooks, R. Splan, R. Porr, C. A. 2011. Evaluation of Dental Wear Patterns and Preferred Chewing Direction in Horses. *Journal of Equine Veterinary Science*. 31 p. 287-288.
- Sandberg, A. S. Alminger, M. (2001). Bioprocessing for phytate degradation and improved mineral absorption. In: 3rd European Conference on Functional Properties in OATS, Uppsala, Sweden, May 17-18, 2001. Swedish University of agricultural science.
- Santos, A. S. Rodrigues, M. A. M. Bessa, R. J. B. Ferreira, L. M. Martin-Rosset, W. 2011. Understanding the equine cecum-colon ecosystem: current knowledge and future perspectives. *Animal*, 5 (1), p. 48-56.

- Särkujärvi, S. Saastamoinen, M. 2003. Feeding value of various processed oat grains. In: Ynze van der Honing et al, (eds.). Book of abstracts of the 54th Annual meeting of the EAAP. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, p. 417.
- Särkujärvi, S. Saastamoinen, M. 2004. Effect of oat hulls on the digestibility of equine diet. In: Peltonen-Sainio, O. Topi-Hulmi, M. (eds.). Proceedings 7th International Oat Conference. MTT, Agrifood Research Finland. Jokioinen, Finland. p. 202. ISBN 951-729-897-X.
- Shamekh, S., Forssell, P., Suortti, T., Autio, K., & Poutanen, K. 1999. Fragmentation of oat and barley starch granules during heating. *Journal of cereal science*. 30 (2). p. 173-182.
- Shapter, F. M. Henry, R. J. Lee, L. S. 2008. Endosperm and starch granule morphology in wild cereal relatives. *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization*. 6 (2). p. 85-97.
- Sherwood, D. M. 1998. Extruded grain supplement used in an equine diet formulated for growing horses. Texas Technical University.
- Singh, B. Sekhon K. S. Singh, N. 2007. Effects of moisture, temperature and level of pea grits on extrusion behaviour and product characteristics of rice. *Food Chemistry*. 100 (1). p. 198-202.
- Tosh, S. M. Miller, S. S. 2016. Oats. *Encyclopedia of Food and Health*. p. 119-125.
- Tsopmo, A. 2015. Processing Oats and Bioactive Components. In: Preedy, V. (Ed.). *Processing and Impact on Active Components in Food*. Academic Press. p. 361 – 368. ISBN: 978-0-12-404699-3.
- Unlu, E. Faller, J. F. 1998. Formation of resistant starch by a twin-screw extruder. *Cereal Chemistry*. 75 (3). p. 346-350.
- Vasanthan, T. Gaosong, J. Yeung, J. Li, J. 2002. Dietary fiber profile of barley flour as affected by extrusion cooking. *Food Chemistry*. 77 (1). p. 35-40.
- Vervuert, I. Bothe, C. Coenen, M. 2007. Glycaemic and insulinaemic responses to mechanical or thermal processed barley in horses. *Journal of animal physiology and animal nutrition*. 91 (5-6). p. 263-268.

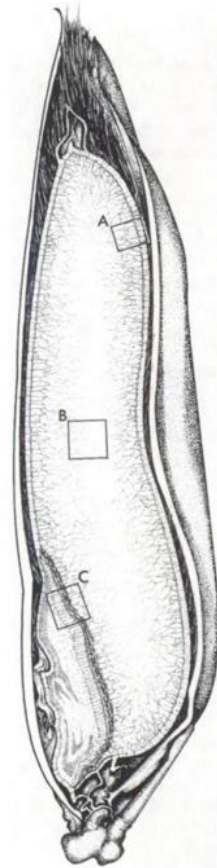
- Vervuert, I. Voigt, K. Hollands, T. Cuddeford, D. Coenen, M. 2009. Effect of feeding increasing quantities of starch on glycaemic and insulinaemic responses in healthy horses. *The Veterinary Journal*. 182 (1), p. 67-72.
- Webster, F. H. Wood, P. J. 2011. *Oats: chemistry and technology* -2nd edition. American Association of Cereal Chemists. Saint Paul. USA. 376 p. ISBN: 978-1-891127-64-9.
- Wenholz, S. D. Processed Horse Feed 101 [online]. *The Horse – Your Guide to Equine Health Care*. 1st June 2004 [cit. 2016-03-12]. Dostupné z <<http://www.thehorse.com/articles/14642/processed-horse-feed-101>>.
- Wood, P. J. Beer, M. U. 1998. Functional Oat Products. In: Mazza, G. (Ed.). *Functional Foods: Biochemical and Processing Aspects*. Technomic Publishing Company. Pennsylvania. USA. 480 p. ISBN: 1-56676-487-4.
- Wood, P. J. Tosh, S. Wang, Q. Brummer, Y. 2004. Structure-function relationships of cereal β -glucans. In: Peltonen-Sainio, O. Topi-Hulmi, M. (eds.). *Proceedings 7th International Oat Conference*. MTT, Agrifood Research Finland. Jokioinen, Finland. p. 28. ISBN 951-729-897-X.
- Yanniotis, S. Petraki, A. Soumpasi, E. 2007. Effect of pectin and wheat fibers on quality attributes of extruded cornstarch. *Journal of Food Engineering*. 80 (2). p. 594-599.
- Zelenka, J. Extrudovaná krmiva pro hospodářská zvířata. In: Ježková, A. (ed.). *Krmivářství*. Profi Press s.r.o. 2015 (4). s. 8 – 9.
- Zeman, L. 2015. Změny v názvosloví pro technologické názvy procesů úprav krmiv. *Krmivářství*. Profi Press s.r.o. 2015 (1). s. 13 – 14.
- Zeman, L. Doležal, P. Horký, P. 2015. Vliv termických úprav krmiv na jejich kvalitu. *Krmivářství*. Profi Press s.r.o. 2015 (1). s. 17 – 19.
- Zeman, L. Homolka, P. Šajdler, P. 2005. *Potřeba živin a tabulky výživné hodnoty krmiv pro koně* - 3. vydání. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. Brno. 84 s. ISBN: 80-7157-855-X.
- Zeng, F. Ma, F. Kong, F. Gao, Q. Yu, S. 2015. Physicochemical properties and digestibility of hydrothermally treated waxy rice starch. *Food chemistry*. 172. p. 92-98.

- Zhao, Y. Mine, Y. Ma, C. Y. 2004. Study of thermal aggregation of oat globulin by laser light scattering. *Journal of agricultural and food chemistry*. 52 (10). p. 3089-3096.
- Zhou, M. Robards, K. Glennie-Holmes, M. Helliwell, S. 1999. Oat lipids. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 76 (2). p. 159-169.
- Zielinski, H. Kozłowska, H. Lewczuk, B. 2001. Bioactive compounds in the cereal grains before and after hydrothermal processing. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2 (3). p. 159-169.
- Zinn, R. A. Owens, F. N. Ware, R. A. 2002. Flaking corn: processing mechanics, quality standards, and impacts on energy availability and performance of feedlot cattle. *Journal of Animal Science*. 80 (5), p. 1145-1156.
- Zwer, P. 2010. Oats: characteristics and quality requirements. In: Wrigley, C. Batey, I. (Eds.). *Cereal Grains, Accessing and Managing Quality*. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. p. 163 – 182. ISBN: 978-1-84569-563-7.
- Zwirgmaier, S. Remler, H. P. Senckenberg, E. Fritz, J. Stelzer, P. Kienzle, E. 2013. Effect of dental correction on voluntary hay intake, apparent digestibility of feed and faecal particle size in horse. *Journal of animal physiology and animal nutrition*. 97 (1). p. 72-79.
- Žďárský, K. 2015. Extrudovaná krmiva pro hospodářská zvířata. In: Ježková, A. (ed.). *Krmivářství*. Profi Press s.r.o. 2015 (4). s. 8.

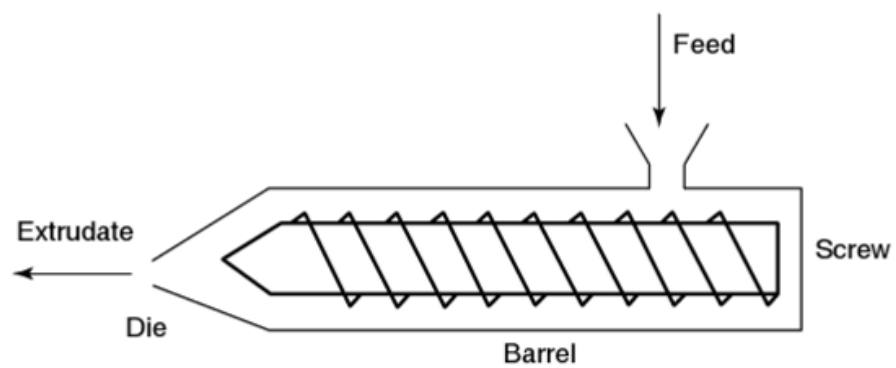
9 Přílohy

Příloha 1 - Stavba zrna ovsa (Wood and Beer, 1998)

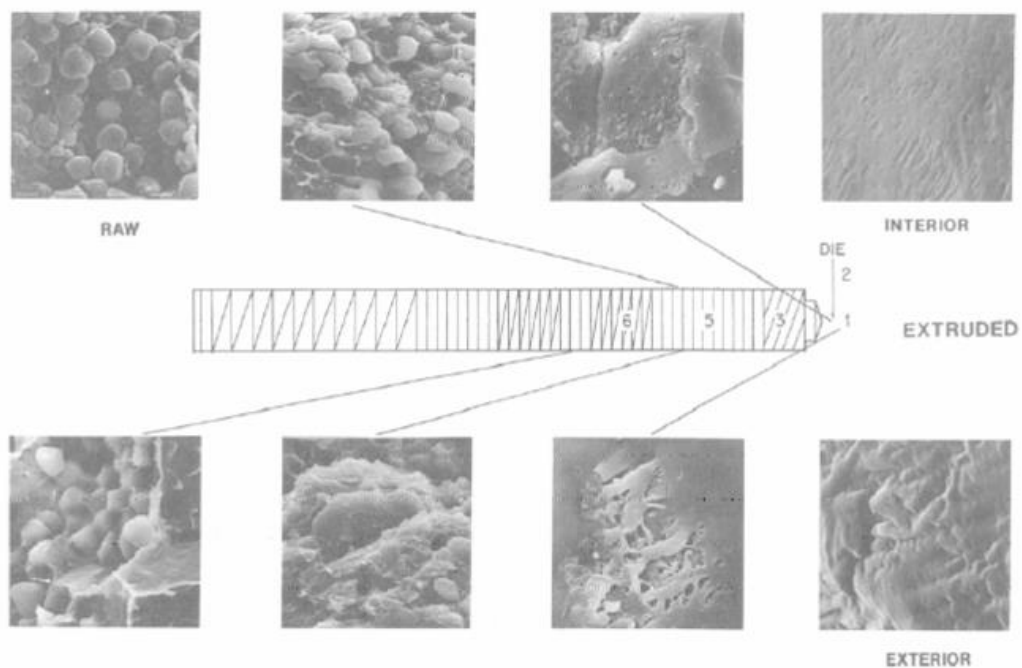
A – aleuronová vrstva a endosperm, B – endosperm, C – klíček.



Příloha 2 – Schématické znázornění extrudéru (Ainsworth, 2012)



Příloha 3 – Přeměny kukuřičného šrotu v jednotlivých částech extrudéru
(Muthukumarappan and Karunanithy, 2012)



Příloha 4 – Komerčně vyráběné extrudované krmivo pro koně
(<http://www.martinmills.com/horse-index.html>)

