

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

BRNO 2015

Bc. ALENA PECHOVÁ

Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta
Ústav výživy zvířat a pícninářství



Využití bezpluchého ječmene ve výživě drůbeže
Diplomová práce

Vedoucí práce:
Mgr. Ing. Eva Mrkvicová, Ph.D.

Vypracovala:
Bc. Alena Pechová

Brno 2015

Čestné prohlášení

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

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

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

V Brně dne:

.....

podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucí mé diplomové práce Mgr. Ing. Evě Mrkvicové Ph.D. za ochotu, trpělivost, odborné vedení, poskytnutá data a konzultace při zpracování mé diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat všem svým kolegům, kteří se podíleli na realizaci pokusu a také společnosti Agrotest fyto, s.r.o. za poskytnutí osiva ječmene jarního KM1057-1906 k výzkumnému účelu. V neposlední řadě můj velký dík patří také celé mé rodině, která mi umožnila studium na této škole a která mi vždy byla oporou v časech dobrých i zlých.

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá využitím bezpluchého ječmene KM 1057-1906 ve výživě drůbeže. Tento typ ječmene se vyznačuje sníženým obsahem vlákniny a sníženým obsahem β -glukanů. Experiment byl proveden na pokusných kohoutcích hybridní kombinace ROSS 308. Kuřata byla rozdělena do skupin a krmena izonitrogenní dietou s obsahem 30 % a 60 % bezpluchého ječmene. U kontrolních skupin byla zařazena pšenice s obsahem 30 % a 60 % v krmné směsi. Byly sledovány hmotnostní přírůstky, spotřeba krmiva, konverze krmiva a po poražení byla u všech kuřat sledována jatečná výtěžnost. Touto dietou jsme krmili od 20. dne, tudíž závěry a doporučení můžeme dělat jen pro toto období.

Vliv bezpluchého ječmene KM 1057-1906 u vykrmovaných brojlerů nebyl průkazný. Jinými slovy se v pokusu nepotvrdily teorie nevhodnosti zařazení ječmene do diety drůbeže a tato může být bez větších ekonomických ztrát použita například v ekologickém zemědělství.

Klíčová slova: bezpluchý ječmen, výživa, brojler

ABSTRACT

This thesis deals with the use of hulless barley KM 1057-1906 in poultry feed. This type of barley is characterized by reduced fiber content and a reduced content of β -glucans. Experiment was performed on male experimental chicken hybrid combination ROSS 308. ROSS chicken were divided into groups and fed isonitrogenous diet containing 30 % and 60 % of hulless barley. The control group was feeding by wheat, which was in diet in 30 % and 60 %. Weight gain, feed intake, feed conversion ratio were monitored and carcass yield was observed in all chickens post-mortem. We fed this diet from day 20, so the conclusions and recommendations can be used only for this period.

The influence of hulless barley KM 1057-1906 on fattened broilers was not significant. In other words, the experiment confirmed the theory of impropriety inclusion of barley in diets of poultry and this may be used without major economic losses, for example, used in organic farming.

Keywords: hull-less barley, nutrition, broiler

OBSAH

1	ÚVOD.....	8
2	LITERÁRNÍ PŘEHLED	10
2.1	Historie ječmene.....	10
2.2	Krmný ječmen	11
2.3	Bezpluchý ječmen	14
2.4	Waxy typy ječmene.....	15
2.5	Chemické složení zrna ječmene	15
2.5.1	Vitamíny	16
2.5.2	Vláknina a neškrobové polysacharidy	18
2.5.2.1	Celulóza.....	22
2.5.2.2	Hemicelulóza.....	22
2.5.2.2.1	Arabinoxylany	23
2.5.2.2.2	β -glukany	24
2.5.2.3	Lignin	25
2.5.3	Enzymy	26
2.6	Další antinutriční látky v zrně ječmene	28
2.6.1.1	Kyselina fytová a soli kyseliny fytové - fytáty	28
2.6.1.2	Polyfenolické látky.....	30
2.7	Výživa drůbeže.....	32
3	CÍL PRÁCE.....	34
4	MATERIÁL A METODIKA	35
5	VÝSLEDKY A DISKUZE.....	40
6	ZÁVĚR.....	48

7	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	49
8	SEZNAM TABULEK	58
9	SEZNAM GRAFŮ	59

1 ÚVOD

Nejen ve světě, ale i u nás hraje chov drůbeže důležitou roli v oblasti živočišné výroby. Produkce drůbežního masa u nás rok od roku stoupá a současní spotřebitelé sahají po drůbežím mase především jako po zdroji plnohodnotných a lehce stravitelných živin. Za zmínku stojí i příznivé složení tuku, který má nízký obsah nasycených mastných kyselin a naopak vysoký podíl nenasycených mastných kyselin. Proto je drůbeží maso vhodné pro všechny věkové kategorie. Z mnoha výhod se k výčtu dá přičíst i fakt, že kulinářská příprava je velmi rychlá a z ekonomického hlediska je maso pro spotřebitele i snadno dostupné.

Tým šlechtitelů po celém světě odvádí skvělou práci, nicméně po vylíhnutí kuřat závisí značná část úspěchu na samotných chovatelích. Chov drůbeže je souborem maličkostí, kdy se ani jedna část nesmí zanedbat, neboť způsobí okamžitý pokles užitkovosti. Do těchto maličkostí patří jednak samotné klima ve stáji, jednak úroveň výživy. Nevyvážené krmné směsi patří mezi nejčastější faktory v omezení rentability chovu, protože cena krmiv u nás tvoří zhruba 70 % z celkových nákladů na výrobu drůbežního masa (ZELENKA, 2014).

Složení krmných směsí během výkrmu by mělo odpovídat požadavkům jednotlivé hybridní kombinace. Živiny ve směsi musí být vyváženy tak, aby nedocházelo k hladovění zvířat, či naopak k neefektivnímu tučnění. Samozřejmostí je i vyvážený poměr živin. Obecně je dobře sestavená krmná směs důležitá z hlediska efektivity produkce i samotné ekonomiky podniku.

Zařazování jednotlivých komponent do krmné směsi se řídí jednak dostupností jednotlivých komponent, jednak vhodností pro danou kategorii a věk zvířat. Některé komponenty se mohou do krmné dávky zařazovat jen v omezeném množství, protože obsahují soubor antinutričních látek, které snižují užitkovost zvířat například tvorbou nestravitelných komplexů, jako je tomu u neškrobových polysacharidů. Účinek těchto antinutričních látek se snažíme snižovat šlechtěním odrůd. Mezi tato šlechtění patří i odrůda bezpluchého ječmene, kde je snížený obsah neškrobových polysacharidů, a je tudíž pro krmení drůbeže vhodnější než pluchaté odrůdy ječmene.

Vyšší obsah neškrobových polysacharidů v dietě má za následek snížený příjem krmiva, horší využitelnost živin a pokles hmotnostních přírůstků (MARQUARDT, 1996). Mezi hlavní účinky antinutričních látek se řadí zvýšení viskozity a objemu střevního obsahu rozpuštěnými neškrobovými polysacharidy. Omezí se tak pohyblivost substrátů, trávicích enzymů, ale i emulgujících žlučových kyselin a omezí se možnosti jejich styku a reakcí. Zhorší se podmínky pro kontakt s povrchem střevní stěny a pro vstřebávání živin. Mezi další účinky neškrobových polysacharidů patří i tvorba komplexů s trávicími enzymy, při kterém dojde ke snížení jejich aktivity. Klesá tak využitelnost prakticky všech živin, nejvýrazněji nasycených tuků a lipofilních vitaminů (KALAČ a MÍKA, 1997).

2 LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1 Historie ječmene

Dějiny pěstování ječmene sahají do počátku uvědomělého zemědělství a člověka provázejí společně s pšenicí. Ječmen je znám jako druhá nejstarší obilnina. Historické studie prokazují, že se pěstoval již od 5. stol. př. n. l., avšak z literárních zdrojů vyplývají mnohem starší zmínky, např. z Iráku ze 7. stol. př. n. l. a z Egypta z 8. stol. př. n. l. (ZIMOLKA, 2006). V literatuře panuje obecná shoda, že předkem dnešních domestikovaných odrůd ječmene je velkosemenný ječmen planý. Ten se hojně vyskytuje v regionech západní Asie, pro které se vžilo označení Úrodný půlměsíc. Rozsah endemického výskytu planého ječmene jako předka dnešních kulturních ječmenů lze sledovat od údolí Jordánu, přes horní tok Eufratu a jihovýchodní oblasti Turecka až do horských regionů Pákistánu a Afghánistánu (WILLCOX, 2005; SAISHO a PURUGGANAN, 2007).

Na území, kde se dnes rozkládá Česká republika, se podle údajů z archeologických nalezišť ječmen pěstuje už cca 5 000 let. Ječmen se u nás dříve používal na výrobu mouky a pečiva a také pro výrobu různých kaší. Ve středověké Evropě byl běžným pokrmem chléb z ječmene a žita, nicméně později ječmen vytěsnila pšenice a ječmen tak zůstal jen ve výživě chudších vrstev (KREJČÍŘOVÁ et al., 2013).

Ječmenářství bylo významnou součástí českého zemědělství již v dobách Rakousko-Uherska a jeho úroveň se udržela i po roce 1918, tedy v novém československém státě. Odrůdy ječmene (ale i jiných plodin) byly před vstupem ČR do Evropské unie registrovány výhradně pro pěstování na území republiky, nicméně po vstupu do EU se odrůdy registrované v členských zemích stávají součástí Společného katalogu odrůd, a mohou tak být pěstovány ve všech členských zemích. Ze společného katalogu pramení velmi široká nabídka odrůd ječmene pro pěstování, a proto se v ČR každý rok vydává Seznam doporučených odrůd, který má usnadnit orientaci uživatelů v nabízeném širokém sortimentu a pěstitelům i zpracovatelům podat objektivní a nezávislé informace o odrůdách a jejich vhodnosti pro pěstební podmínky v ČR. Seznam obsahuje popisy odrůd, které vykázaly během řady let velmi dobré výsledky v rámci registračního řízení a následně

pak v rámci zkoušení pro seznam doporučených odrůd, nebo o ně projevil zájem zpracovatelský průmysl (PRUGAR et al., 2008).

Kvalita ječmene jako suroviny se odráží při jeho zpracování a využití v oblasti sladovnické, krmivářské, ale i potravinářské. Využívá se taktéž v lihovarnictví k výrobě tradičních lihových nápojů a perspektivně se s ním počítá i jako se zdrojem obnovitelné energie pro výrobu bioethanolu v rámci tzv. lihobenzinového programu. Dále se nabízí jeho využití i k produkci škrobu (PRUGAR et al. 2008). Znamé je i využití ječmene jako léčivé rostliny s protizánětlivými a antiseptickými účinky, dále se používal i jako odvar k posílení lidského organismu (ZIMOLKA, 2006).

Současnou roli ječmene v našem hospodářství je možno chápat i z hlediska výzkumného. Kromě toho je zrno ječmene ze 70 % využíváno ke krmení nepřezvýkavých zvířat, kdy se jedná o velmi kvalitní jaderné krmivo. Proto se z krmivářského pohledu hledají odpovídající jakostní ukazatele a rovněž technologie pěstování krmného ječmene musí odpovídat těmto specifickým požadavkům, značně odlišným od sladovnického ječmene. V tomto ohledu zemědělská prvovýroba zaostává a očekává od výzkumu příslušná, vědecky zdůvodněná pěstitelská doporučení (ZIMOLKA, 2006).

Nejlepší podmínky pro pěstování ječmene jsou v mírných pásmech, především ve střední Evropě, v oblastech s nadmořskou výškou 200 až 300 m, kde optimální průměrná roční teplota je 8,5 °C a průměrné roční srážky 500 až 600 mm. V tomto směru jsou vynikající podmínky v oblasti Hané a v pěstebních oblastech ve Francii (BASAROVÁ a ČEPIČKA, 1986).

2.2 Krmný ječmen

Krmná hodnota ječmene je poněkud nižší než u pšenice, ale stejně jako pšenice má ječmen ve výživě hospodářských zvířat široké použití. I přes vyšší obsah vlákniny, jež snižuje využitelnost živin, jsou jednotlivé živiny ječmene dobře stravitelné. Dobře se zpracovává a hodí se do všech druhů krmných směsí. Rozdrcené pluchy povzbuzují pohyb střev a také vylučování trávicích šťáv. Má dobré dietetické vlastnosti a působí příznivě na jakost živočišných produktů. Při zkrmování dává ječmen nejlepší výsledky

především ve výkrmu prasat, kdy velice příznivě ovlivňuje jakost masa a tuku. Při výkrmu skotu má stejně dobrý vliv na jakost masa jako u prasat, ale nepříznivě ovlivňuje konzistenci loje, který je pak příliš tvrdý. Hodí se taktéž pro plemenná zvířata. Nejméně vhodný je pro výkrm drůbeže, neboť jeho hlavním neškrobovým polysacharidem je β -glukan a drůbež nemá enzym pro jeho štěpení. V současnosti má velký význam ve výživě koní, především co se týče koní po vysoké sportovní zátěži, a používá se i u jedinců v rekonvalescenci. Ječmen je nedílnou součástí krmných směsí pro koně (BYRTUSOVÁ et al., 2005).

Pro krmné ani potravinářské odrůdy nejsou dosud stanovena jednoznačná kritéria jako pro odrůdy sladovnické. Při jejich šlechtění se vychází převážně z obsahových látek pro daný účel využití (žádoucí či nežádoucí). Mezi známé rozdíly u sladovnických a nesladovnických odrůd ječmene patří zejména obsah dusíkatých látek a zastoupení dílčích esenciálních aminokyselin, neškrobových polysacharidů (β -glukany, arabinoxylany), obsah hrubé i potravinové vlákniny a rezistentní škrob. Vyšší obsah dusíkatých látek nad 12 % v zrna je pro sladovnictví nepřijatelný, naopak pro krmivářství a potravinářství je z nutričního hlediska žádoucí co nejvyšší obsah dusíkatých látek (15 % a více) a pro mláďata pak i vyšší obsah esenciálních aminokyselin, potřebných pro růst (např. methionin a lyzin). I když ječmen není na dusíkaté látky nejbohatší, vzhledem k jeho vysokému podílu ve výkrmu prasat vnáší do krmné dávky cca 50 % jejich potřeby a 40 % potřeby esenciálních aminokyselin (PRUGAR et al., 2008).

Při porovnání ječmene s pšenicí bylo zjištěno, že ječmen obsahuje méně škrobu a více vlákniny. Obsah celkových β -glukanů se pohyboval mezi 2,4 – 8,0 % v sušině a rozpustných β -glukanů mezi 1,1 – 6,9 % v sušině. Tato variabilita je dána jak genetickými faktory, tak i vlivy prostředí. K nárůstu obsahu β -glukanů vede zvýšené hnojení dusíkatými hnojivy a teplé a slunečné počasí ve fázi tvorby obilek, naopak deštivé počasí obsah během zrání snižuje (JEROCH a DÄNICKE, 1995).

Obsah β -glukanů a pentosanů by měl být shodně jako u sladovnických odrůd nízký, protože pro krmení nepřežvýkavých zvířat, zejména selat a drůbeže, způsobují zažívací potíže a sníženou konverzi krmiva. Obsah škrobu jako zdroje energie by měl být u krmných

odrůd vysoký (více než 55 %), obsah amylozy ve škrobu je vhodný rovněž vyšší než obvyklých 25 % (PRUGAR et al., 2008).

Tradičně se zrno ječmene využívá jako energeticky bohaté krmivo pro hospodářská zvířata a jako jedinečná surovina pro výrobu sladu. Ve většině evropských zemí je spotřeba ječných produktů velmi nízká a téměř výhradně je zpracováván pluchatý ječmen. Moderní trend ve výživě však dává do budoucna výrobkům z bezpluchého ječmene velkou šanci na využití a již nyní není uspokojována stoupající poptávka po nutričně hodnotných potravinách s obsahem kvalitního bezpluchého ječmene (VACULOVÁ, 1999). V oblasti kvality ječmene lze do budoucna počítat s řadou změn. Bude se dále vymezovat definice kvality odrůd pro potravinářské, krmivářské a hlavně průmyslové využití. Lze také předpokládat, že budou registrovány další odrůdy bezpluchého ječmene (PRUGAR et al., 2008).

Šlechtitelské cíle orientované na další užité směry jako krmná jakost nebo přímé potravinářské či průmyslové využití, jejichž rozvoj je mladšího data, nemají do dnešního dne přesně propracovaná kvalitativní kritéria. Šlechtitelské cíle zaměřené na tvorbu krmných odrůd byly sice formulovány již v minulém století (KOLEKTIV, 1976), nicméně doposud se nepodařilo tyto záměry realizovat. To i proto, že dodnes nejsou stanoveny obecně akceptovatelné požadavky na krmnou hodnotu ječného zrna, platné pro různé druhy a kategorie hospodářských zvířat. Na druhou stranu ale existuje poměrně jednoznačný názor na přítomnost látek, které mají minimální výživnou hodnotu, snižují krmnou kvalitu zrna či dokonce působí toxicky (KALAČ a MÍKA, 1997). Lze podotknout, že zvýšení krmné hodnoty ječmene není jednoduchou záležitostí, neboť se jedná o komplex parametrů morfologických, chemických, dietetických aj. Ekonomickou efektivnost krmiva, zdravotní stav zvířat i dopad na životní prostředí lze ovlivnit volbou správné odrůdy, technologií pěstování, způsobem zpracování zrna a technikou krmení. Odrůdy ječmene jsou, obdobně jako u celé řady jiných hospodářsky využívaných druhů plodin, základním nosným prvkem kvality. Ječné zrno je zdrojem mnoha významných látek, umožňujících jeho široké využití. Obsah a vzájemné poměry těchto látek však mohou být záměrným šlechtěním do jisté míry pozměněny pro specifické využití. Je také známo, že při velmi často se měnící odrůdové

skladbě je vyhledáván jen užší sortiment odrůd pro konkrétní využití (PRUGAR et al., 2008).

2.3 Bezpluchý ječmen

Nahá forma ječmene nebyla v České republice po mnoho let pěstována, nicméně v souvislosti s registrací první české odrůdy (*AF Lucius*) se postupně dostává do povědomí především ekologických zemědělců (KONVALINA et al., 2013).

Z potravinářského hlediska jsou velmi vhodné bezpluché odrůdy, které na rozdíl od sladovnických typů nemají pluchy přirostlé k obilce. Při mlácení se jich obilky zbavují, takže není třeba jejich zrno při potravinářském zpracování obrušovat, jako je tomu u pluchatých odrůd (EHRENBERGEROVÁ et al., 1999). Nároky na pěstování bezpluchého ječmene jsou stejné jako v případě pluchatých odrůd, pouze je nezbytné se při sklizni a následné manipulaci se zrnem vyvarovat mechanického poškození zárodků, aby nedošlo ke snížení klíčivosti obilek. Maximální známé výnosy bezpluchého ječmene se pohybují na úrovni 85 - 90 % běžně pěstovaných pluchatých odrůd. Hlavní předností bezpluchých ječmenů je vysoká hektolitrová hmotnost bezpluchého zrna (o 20-25 % vyšší než u pluchatého ječmene) a vysoká nutriční hodnota obilky (VACULOVÁ, 1999). Bezpluché odrůdy by mohly být atraktivnější a vhodnější pro pěstování v ČR vzhledem ke zdravotnímu a nutričnímu benefitu i přes to, že nedosahují výnosu pluchatých odrůd (EHRENBERGEROVÁ et al., 1999).

Důležitou součástí nutričního hodnocení ječmene bezpluchého typu jsou vitaminy a minerální látky (EHRENBERGEROVÁ et al., 2006b). České bezpluché ječmeny se kromě nižšího obsahu nerozpustné vlákniny a vyššího obsahu rozpustné vlákniny vyznačují i vyšším obsahem dusíkatých látek a tuku, než ječmeny pluchaté a zvláště z nich oloupaná zrna. U některých bezpluchých ječmenů byl zjištěn zvýšený obsah vitamínu E a jeho izomerů, např. alfa-tokoferolu. Všechny bezpluché ječmeny jsou vhodnější pro potravinářské zpracování, neboť se snižuje podíl nevyužitých odpadů (až o 15 % - zejména štěpků pluch, které se nehodí ani ke krmení hospodářských zvířat) a při skladování díky vyšší hektolitrové hmotnosti zaujmají menší objem (VACULOVÁ, 1999).

Bezpluchý ječmen je zpravidla pěstován jako jarní, nemá zvlášť vyhraněné nároky na prostředí. Obecně jsou pro pěstování tohoto typu ječmene vhodné všechny pozemky a předplodiny. V ČR je od roku 2009 registrována bezpluchá odrůda *AF Lucius*. Tato odrůda je vhodná zejména k výrobě standardních i speciálních potravin včetně celozrnných s vyšší nutriční hodnotou pro výživu lidí. Je vhodný taktéž ke krmení hospodářských zvířat. Dále je možné volit i odrůdy povolené v sousedních zemích EU, jako je v Německu například odrůda *Taiga* či *Lawina*. Sklizeň ječmene se provádí výhradně až v plné zralosti zrna, kdy jsou zrna tvrdá a 75 % nejhořejších kolének je zaschlých (KONVALINA, 2011).

2.4 Waxy typy ječmene

Materiály obilnin, u kterých je snížen obsah amylozy (až do 0 - 10 %) mají moučnatější a měkčí endosperm, z toho důvodu jsou označovány jako "waxy" (VACULOVÁ, 2011). Na úkor amylozy je však v zrnu vysoký podíl amylopektinu. Ve studiích byl zjištěn významně vyšší obsah arabinoxylanů u bezpluchých waxy typů (5,2 - 10,5 %) oproti pluchatým odrůdám (4,5 - 7,0 %), rovněž i obsah β -glukanů v těchto typech byl vyšší - až 7,6 %, oproti 4,0 - 4,3 % u pluchatých odrůd (EHRENBERGEROVÁ et al., 2006b).

2.5 Chemické složení zrna ječmene

Obilka našich drobnozrnných druhů obilnin je v podstatě sacharido-proteinový komplex doplněný mnoha složitějšími i jednoduchými chemickými látkami organickými i anorganickými (LEKEŠ, 1985).

Plně vyztřálá obilka ječmene obsahuje 12 – 14 % vody. Nižší procento je nepřípustné, protože voda je součástí buněčné protoplazmy a její nižší obsah by měl negativní vliv na technologickou jakost. Naopak vyšší procento vlhkosti by způsobilo problémy při skladování samotného zrna. Průměrné zastoupení chemických složek zrna uvádí následující tabulka (ZIMOLKA, 2006).

Tabulka 1: Chemické složení obilky ječmene (ZIMOLKA, 2006)

Látka	Procentický obsah v obilce
Sacharidy	
Škrob	60 – 65
- Amylóza 17 – 24 % škrobu	
- Amylopektin 76 – 83 % škrobu	
Nizkomolekulární sacharidy	
Sacharóza	1,2
Ostatní cukry	1
Rafinóza	0,3 – 0,5
Maltóza	0,1
Glukóza	0,1
Fruktóza	0,1
Neškrobové polysacharidy	
Hemicelulózy	
- Beta-glukany	3,3 – 4,9
- Pentozany (arabinoxylany)	9
- Celulóza	4,7
Tuky	3,5
Fosfáty	
Fytin	0,9
Polyfenoly	0,1 – 0,6
Dusíkaté látky	9,5 – 11,9 (7 – 18)
Rozpustné dusíkaté látky	1,9
Albuminy a globuliny	3,5
Hordeiny (prolaminy)	3,4
Gluteliny	3,4
Minerální látky	2

2.5.1 Vitamíny

Obsah vitamínů závisí převážně na odrůdě a klimaticko-půdních podmínkách. Mnohé z nich tvoří součást aktivních skupin různých enzymů, a tím vlastně působí na enzymatickou aktivitu klíčícího zrna ječmene (LEKEŠ, 1985).

Vitamíny se vyskytují především v aleuronové vrstvě a v obalových vrstvách zrna a klíčku (zárodku). Nejvíce jsou zastoupeny vitamíny skupiny B: B1 – thiamin, B2 – riboflavin a B6 – pyridoxin. Dále se uvádí vitamín C, vitamín H (biotin), kyselina pantothenová, nikotinová, α -aminobenzoová a kyselina listová, provitamín A (karotenoidy) a provitamín D (ZIMOLKA, 2006). Nejsledovanější skupinou vitamínů v ječném zru je vitamín E, což je monofenolická látka s výraznými antioxidačními účinky. Tokoly

(isomery vitamínu E) se dělí do dvou skupin – tokoferoly a tokotrienoly. Do každé skupiny patří 4 izomery, které rozlišujeme písmeny α -, β -, γ - a δ (LIU a MOREAU, 2008). Při působení (převážně tokoferolů) zabraňují oxidaci organických molekul a potlačují tak škodlivé účinky volných radikálů a sám vitamín E je přeměňován na radikál (ZIMOLKA, 2006). Ječmen je velmi bohatým zdrojem vitamínu E – tokoferolů a tokotrienolů. Obsahuje až 4x více alfa-tokotrienolu v porovnání s jinými obilninami. Tokoferoly jsou detekovány výhradně v obalových vrstvách, kdežto tokotrienoly se nacházejí převážně v endospermu (EHRENBERGEROVÁ et al., 2006b). Ječmeni je v souvislosti s tokoly věnována velká pozornost, protože je jednou z mála rostlin, která syntetizuje všech osm izomerů vitamínu E, které chrání obilku před oxidací během skladování a klíčení (CAVALLERO, 2004). Vitamín E představuje pro člověka esenciální chemickou sloučeninu, jež se významně podílí na celkové antioxidační kapacitě. Za antioxidant s největší biologickou aktivitou lze považovat α -tokoferol (TRABER a PACKER, 1995; CHEN et al., 2006).

Kromě vitamínu E je ječmen také bohatý na celý komplex vitamínů B skupiny. Zrno obsahuje i řadu důležitých minerálních látek (fosfor, vápník, draslík, hořčík, železo, selen) a řadu fenolických látek s antioxidačními vlastnostmi. Významně vyšší aktivita vitamínu E byla zjištěna u zahraničních bezpluchých a waxy typů a kříženců s pluchatými odrůdami na rozdíl od pluchatých odrůd pěstovaných v ČR (EHRENBERGEROVÁ et al., 2006b).

Mezi další antioxidantní vitamín se řadí i ve vodě rozpustný vitamín C, kterého je však podle výsledků výzkumu více v zelené hmotě mladých rostlin než v samotném zrně ječmene. Uvádí se také, že zrno ječmene je na vitamíny bohatší než žito a oves (ZIMOLKA, 2006).

Tabulka 2: Obsah vitamínů B v zrna ječmene a v moukách při různém stupni rozmělnění (ZIMOLKA, 2006)

Procento rozmělnění	Mg/kg					
	Thiamin (B ₁)	Riboflavin (B ₂)	Pyridoxin (B ₆)	Kyselina listová	Biotin (H)	Niacin nikotinamid (PP)
0 % (celé zrna)	5,6	1,03	5,5	0,73	0,205	44,6
7 %	4,6	0,91	4,5	0,74	0,195	42
15 %	3,3	0,57	4,2	0,6	0,142	34,5
19 %	1,9	0,54	1,6	0,5	0,137	33,3
25 %	1	0,33	1	0,34	0,112	21,5
31 %	0,9	0,26	0,8	0,35	0,046	14,4

2.5.2 Vláknina a neškrobové polysacharidy

Podle chemického stanovení se vyčleňuje tzv. hrubá vláknina, která je tvořena hlavně celulórou, hemicelulórou, ligninem a pektinem. Uvádí se, že zvýšení obsahu vlákniny o 1 % snižuje stravitelnost sušiny zrna ječmene cca o 3,5 % (JUST, 1982). Využití vlákniny kolísá v závislosti na druhu hospodářského zvířete, zdroji vlákniny, stupni lignifikace, úrovni zpracování, typu analýzy apod. Obsah vlákniny v krmivu lze významně snížit zařazením typů bezpluchých ječmenů do krmných dávek. Pluchy zrna tvoří 10 - 13 % sušiny (BHATTY et al., 1974). Jsou tvořeny také malým množstvím bílkovin. Dle některých autorů může odstranění pluch u ječmene snížit obsah hrubé vlákniny až na úroveň kukuřice nebo pšenice (BHATTY, 1986), protože mezi stravitelností energie, obsahem pluch a podílem hrubé vlákniny v ječném zrna je silná negativní korelace (BELL et al. 1983).

Zatímco vláknina je hodnocena jako chemický ukazatel výživné hodnoty krmiv, neškrobové polysacharidy (NSP), jež v zrně obilovin plní funkci stavebních polysacharidů, jsou z pohledu nutriční kvality řazeny spíše do skupiny aktivních antinutričních látek. Jedná se o nestravitelnou nebo jen částečně stravitelnou část vlákniny. V trávicím traktu bobtnají a zvyšují viskozitu tráveniny, čímž zhoršují pohyblivost živin i trávicích enzymů v trávicím ústrojí a omezují absorpci živin, především tuků (VACULOVÁ, 2011). Viskozita závisí na mnoha faktorech, jako je velikost molekul, obsah polysacharidu, zda je řetězec přímý či rozvětvený, jaký je výskyt skupin s elektrickými náboji. Při nízkých

koncentracích zvyšují polysacharidy viskozitu přímou reakcí s vodou a při vyšších koncentracích vytvářejí síť. Viskozita rychle stoupá a může dojít až ke tvorbě gelu, kdy tuto schopnost mají polysacharidy rozpustné ve vodě (KALÁČ a MÍKA, 1997).

Z celkového obsahu dieteticky příznivé vlákniny (15 - 24,1 % z hmotnosti ječného zrna) připadá na neškrobové polysacharidy cca 86 % a z toho je cca 56 % (1→3), (1→4) β-glukanů a 23 % arabinoxylanů (NEWMAN et al., 1989).

Z neškrobových polysacharidů převládají hemicelulózy, jejichž hlavními složkami jsou u pšenice a žita arabinoxylany a u ječmene a ovsa β-glukany (VELÍŠEK, 2002a). Zrno ječmene obsahuje 10 – 14 % neškrobových polysacharidů. Jsou nazývány stavebními polysacharidy, protože jsou základem a nosným skeletem rostlinných pletiv (ZIMOLKA, 2006).

Z ostatních polysacharidických složek je v ječném zrně zastoupen amylas, ve vyzrálém asi 0,5 %, v nevyzrálém až 4 % (LEKEŠ, 1985).

V případě využití ječmene k lidskému konzumu je však role neškrobových polysacharidů diametrálně odlišná, neboť k příznivým účinkům vyššího podílu vlákniny ve stravě patří snížení hladiny cholesterolu, snížení rizika výskytu rakoviny tlustého střeva (BAIK a ULLRICH, 2008), snížení rizika kardiovaskulárních chorob (HANG et al., 2007), diabetu typu 2 (CHEN a RAYMOND, 2008), snížení hladiny krevního tlaku (BEHALL et al., 2004) a v pozitivním účinku jsou neškrobové polysacharidy prevencí proti obezitě (SHIMIZU et al., 2008; EL KHOURY et al., 2012).

Tabulka 3: Obsah neškrobových polysacharidů v pšenici a ječmenu (% suš.) (KALÁČ a MÍKA, 1997)

Krmivo	NSP			Hlavní složky NSP		
	Celkové	Rozpustné	Nerozpustné	β-glukany	arabinoxylany	celulóza
pšenice	11,4	2,4	9	0,5	6,1	2
ječmen	16,7	4,5	12,2	7,6	3,3	3,9

Zvýšené zastoupení neškrobových polysacharidů v krmné dávce se projeví sníženým příjmem krmiva a horší využitelností živin, poklesem hmotnostních přírůstků, zvýšenou potřebou vody, zvětšením trávicího traktu, větší četností anaerobní mikroflóry

v tlustém střevu a vyšším obsahem vody v trávenině a také v trusu (MARQUARDT, 1996). Neškrobové polysacharidy rostlinných buněčných stěn snižují u drůbeže příjem živin, využitelnost živin a užitkovost. U rostoucích prasat omezují v menší míře především užitkovost. Za prvotní, nikoli však jedinou příčinu antinutričních účinků, se považuje zvýšení viskozity a objemu střevního obsahu rozpuštěnými neškrobovými polysacharidy. Tím se omezí pohyblivost substrátů, trávicích enzymů, ale i emulgujících žlučových kyselin a omezí se možnosti jejich styku a reakcí. Zhorší se podmínky pro kontakt s povrchem střevní mukózy a pro vstřebávání živin. Neškrobové polysacharidy mohou rovněž tvořit komplexy s trávicími enzymy, čímž snižují jejich aktivitu. Klesá využitelnost prakticky všech živin, nejvýrazněji nasycených tuků a lipofilních vitaminů (KALAČ a MÍKA, 1997).

Z anatomického hlediska je střevo drůbeže krátké a pasáž tráveniny tenkým střevem probíhá velmi rychle, zhruba 2 hodiny. I obsah vody v trávenině je nižší (cca 80 %) na rozdíl třeba od prasat (cca 90 %). Z toho důvodu je drůbež extrémně citlivá k veškerým faktorům zhoršujícím průnik trávicích enzymů zvířete do tráveniny a styk tráveniny se střevní stěnou, tedy vstřebávání živin. Pokud jsou tedy v krmivu obsaženy rozpustné neškrobové polysacharidy, zvyšuje se viskozita tráveniny v tenkém střevě drůbeže. Vysoká viskozita tráveniny způsobuje zhoršenou difúzi živin a trávicích enzymů v trávenině a tím snižuje vstřebávání živin. Posun tráveniny ve střevě se zpomaluje a tím se snižuje i samotný příjem krmiva. Více nevstřebaných živin, horší promíchání tráveniny a pomalejší posun umožňují pomnožení nežádoucí mikroflóry ve střevě (MEIXNER, 2000a).

Kromě již uvedených důsledků vyvolá zvýšení viskozity střevního obsahu i zvýšenou sekreci střevní mukózy, čímž se zvýší odpor vůči transportu nepolárních živin přes vodní vrstvu na povrchu epitelu buď zvětšením její tloušťky, nebo kombinací se změnou fyzikálně chemických vlastností slizovité vrstvy. Taktéž může dojít ke změnám morfologie klků a mikroklků (SMITS a ANNISON, 1996). Na zhoršeném trávení živin se mohou podílet i změny mikroflóry trávicího traktu. Bakterie kolonizují epitel tenkého střeva kuřat brzy po jejich vylíhnutí. Vývoj četnosti a složení mikroflóry je ovlivňován složením krmiv, kdy při vysokém obsahu NSP se množí bakterie, které v tenkém střevu ve značném rozsahu zkvašují sacharidy na těkavé mastné kyseliny. Toto je nepříznivé

pro užítkovost i kondici drůbeže (CHOCT, 1996). Posun tráveniny střevem se při vysoké viskozitě zpomalí a podíl nestrávených živin v kyčelníku vzrůstá. To vytváří pro mikroflóru dostatek substrátu i času, aby mohla kolonizovat horní část tenkého střeva. Změny fyzikálně chemických vlastností slizovité vrstvy mohou umožnit zvýšenou přilnavost bakterií k povrchu mukózy (KALAČ a MÍKA, 1997).

Za současného stavu poznání nelze spolehlivě předvídat podle laboratorně stanoveného obsahu neškrobových polysacharidů v krmné dávce odezvu zvířat. Míra účinku neškrobových polysacharidů závisí jednak na zvířeti a jednak na složení krmné dávky. Z hlediska zvířete jsou rozhodující věk, zdravotní stav a také složení mikroflóry střevního traktu. Mláďata jsou citlivější než zvířata dospělá a drůbež citlivější než prasata. Z hlediska složení krmné dávky je nutné brát v úvahu obsah tuku, aminokyselin, vitaminů a minerálních látek (SMITS a ANNISON, 1996).

U technologických úprav se největší zájem výzkumu soustředil na ječmen, kdy se jeho zařazení do krmných dávek pro rostoucí drůbež, zejména kuřata, ve srovnání s pšenicí a kukuřicí projeví snížením užítkovosti. Do startérových směsí by ječmen neměl být zařazován vůbec a starší brojleři snášejí až 20 – 30 % hmotnosti v krmné dávce (JEROCH a DÄNICKE, 1995). Vysoký podíl ječmene se nedoporučuje ani pro nosnice, a to nejen pro vysoký obsah neškrobových polysacharidů, ale také pro nízké zastoupení kyseliny linolové a karotenoidů potřebných pro zbarvení žloutků (KALAČ a MÍKA, 1997).

Antinutriční účinky neškrobových polysacharidů jsou u prasat zřetelně slabší než u drůbeže. To vyplývá především z odlišného složení mikroflóry a procesu trávení ve střevech (DIERICK a DECUYPERE, 1996). V kyčelníku probíhá fermentace na kyselinu mléčnou a dále na těkavé mastné kyseliny. Intenzita prokvašování složek neškrobových polysacharidů *in vitro* klesá v následujícím pořadí – glukosa – uronové kyseliny – manna – galaktosa – arabinosa a xylosa (KALAČ a MÍKA, 1997). V experimentech s odstavenými selaty vyvolal přídavek již 0,025 % hmotnosti β -glukanu do krmné dávky zvýšení přírůstků, ale zároveň zvýšil citlivost vůči *Streptococcus suis*, projevující se zvýšeným úhynem. Při dalším zkoumání účinků β -glukanů se proto doporučuje zjišťovat i vliv na citlivost vůči infekčním onemocněním zvířat (DRITZ, 1995).

Prasata mají na rozdíl od drůbeže delší tlusté střevo, které tvoří více než 30 % celkové délky střeva, v porovnání s méně než 10 % u drůbeže. Proto je také doba průchodu tráveniny mnohem delší a mikrobiální fermentace zbytkové potravy má mnohem větší význam, protože prasata mají vyšší obsah vody v trávenině. Proto jsou také méně citlivá k viskozitě způsobené rozpustnými neškrobovými polysacharidy v krmivu. Viskozita tráveniny ve střevě je u prasat většinou několikanásobně nižší než u kuřat, avšak přídavek enzymů do krmiva na bázi viskózních obilnin viskozitu tráveniny vždy snižuje, a to v řadě pokusů statisticky významně. Je dokázáno, že snížení viskozity tráveniny se podílí na celkovém efektu enzymů i u prasat, i když jen z menší části. Hlavním účinkem enzymů štěpících neškrobové polysacharidy u prasat je štěpení nerozpustných arabinoxylanů a β -glukanů, tj. uvolnění živin normálně uzavřených uvnitř buněk rostlinných pletiv ještě v tenkém střevě. Bez přidaných enzymů jsou buněčné stěny částečně narušeny až bakteriální fermentací v tlustém střevě, kde se však také spotřebovává značná část uvolněných živin (MEIXNER, 2000b).

2.5.2.1 Celulóza

Celulóza tvoří 3,5 – 7 % zrna ječmene (LEKEŠ, 1985), ZIMOLKA (2006) však uvádí až 10 – 14 %. Je obsažena především v pluchách, ve stopovém množství v klíčku, v oplodí a osemení. Skládá se z glukózových zbytků, vázaných 1,4 – β - glykosidovými vazbami, kdy hlavní stavební jednotkou je disacharid celobióza, která je bez chuti a zápachu, chemicky i enzymově těžko štěpitelná a ve vodě nerozpustná (BASAROVÁ a ČEPIČKA, 1986), ZIMOLKA (2006) však uvádí, že je celobióza ve vodě špatně rozpustná.

Celulóza je složena z řetězců glukózových jednotek. Tvoří velmi pevná vlákna, která jsou spolu s dalšími neškrobovými polysacharidy stavebním materiálem pro rostlinu. Má hlavní funkci proti mechanickému poškození semen, tzn. chrání zrna do značné míry i proti pronikání vlhkosti a nežádoucích mikroorganismů (ZIMOLKA, 2006).

2.5.2.2 Hemicelulóza

Z dalších neškrobových polysacharidů jsou přítomny hemicelulózy, které tvoří hlavní podíl mezibuněčných stěn škrobových zrn endospermální části zrna (LEKEŠ, 1985).

Jedná se o skupinu ve vodě rozpustných či bobtnajících polysacharidů, které jsou schopny vytvářet vysokoviskózní gely a vysokovazné koloidní systémy. Hemicelulózy v obilce i v rostlině pomáhají vázat vodu a udržují rovnováhu buněčného obsahu (ZIMOLKA, 2006).

Hemicelulózy se podílejí na stavbě a pevnosti buněčných stěn. Endospermální buněčné stěny ječmene obsahují asi 75 % β -glukanů a 20 % pentozanů (arabinoxylanů). Naopak je tomu v pluse ječmene, která obsahuje z hemicelulóz převážně arabinoxylany, méně β -glukany a nepatrné množství glukoronové kyseliny. Za nežádoucí vlastnost β -glukanů se považuje vytváření vysoce viskózních vodných roztoků. β -glukan je polysacharid, který je tvořen z glukózových jednotek vázaných vazbami β -1,3 a β -1,4, kde vazba (1 \rightarrow 3) β -glukosidická je zastoupena asi z 30 %, zbytek tvoří vazba (1 \rightarrow 4) β -glukosidická. Běžná hodnota β -glukanů v zrně ječmene je 4 - 7 % (KOSAŘ, PROCHÁZKA, 2000).

2.5.2.2.1 Arabinoxylany

Arabinoxylany jsou hlavně rozmístěny v obalových vrstvách ječmene (NEWMAN et al., 1989). Jedná se o polymery, jež obsahují v molekulách podstatný podíl pentóz (nejvíce arabinózy a xylózy). Strukturně se jedná o polysacharid arabinoxylan. Lze je rozdělit na nerozpustné ve vodě, tzv. hemicelulózy (jež doprovázejí celulózu v buněčných stěnách), a rozpustné ve vodě neboli slizy. V obalových vrstvách jsou i nerozpustné arabinoxylany, rozpustné jsou obsaženy převážně v aleuronové vrstvě. Obsah arabinoxylanů je v obilovinách, ale i v odrůdách ječmene velmi rozdílný. Jak vyplývá z výzkumu, je ovlivňován i agroekologickými podmínkami pěstování. Arabinoxylany tvoří asi jen 1,5 % hmotnosti ječného endospermu, ale jejich schopnost tvorby vysoce viskózních roztoků může značně negativně ovlivnit technologické využití ječmene. Dále bylo zjištěno, že vyšší akumulaci β -glukanů i arabinoxylanů v ječném zrně přispívá teplé a suché počasí v době tvorby zrna, proto bývá tedy podle průběhu povětrnostních podmínek jejich obsah v letech rozdílný (ZIMOLKA, 2006).

Arabinoxylany endospermu se skládají z xylózových jednotek vázaných 1,4 β -vazbami, na kterých jsou postranní xylózové a arabinózové řetězce, u arabinoxylanů

v pluchách i glukoronové kyseliny (BASAŘOVÁ a ČEPIČKA, 1986). Stavebními jednotkami základního řetězce jsou molekuly β -D-xylopyranosy, na které jsou glykosidickými vazbami (1 \rightarrow 3) a (1 \rightarrow 2) vázány molekuly α -L-ara-binofuranosy (KALAČ a MÍKA, 1997).

2.5.2.2.2 β -glukany

β -glukan je neškrobový polysacharid, tvořený z glukózových jednotek. Rozpustnost β -glukanů se zvyšuje s teplotou a tvoří tak částečně rozpustnou a z části nerozpustnou vlákninu nejen lidské potravy. V krmivu však snižují jeho biologickou využitelnost. V zrna ječmene se nachází v rozmezí 2 - 11 % (někteří autoři uvádějí i více) hmotnosti zrna podle odrůdy, půdně-klimatických podmínek (ZIMOLKA, 2006), ale i podle typů a ročníku pěstování (NEWMAN et al., 1989).

Obsah β -glukanů (obvykle 2 - 10 %) závisí především na genotypu ječmene (TAKETA et al., 2004; BHATTY, 1992) a u ječmenů je jejich obsah vůbec nejvyšší ze všech cereálií (NEWMAN et al., 1989). Vyšší obsah β -glukanů byl také naměřen u mnoha genotypů s bezpluchou obilkou (BAIDOO et al., 1998; BOROS et al., 1996). Nejvyšší koncentrace β -glukanů je ve škrobovém centru zrna – endospermu (NEWMAN et al., 1989).

Celkový obsah β -glukanů ve standardní odrůdě ječmene kolísá v rozmezí 3,75 - 6,50 % (MACGREGOR A FINCHER, 1993). Bylo zjištěno, že genotypy ječmene se změněným poměrem amylózy a amylopektinu inklinují k vyšším obsahům β -glukanů v ječném zrna (HANG ET AL., 2007; BAIK A ULLRICH, 2008). Průměrný obsah β -glukanů je u genotypů ječmene s vysokým podílem amylózy 7,5 %, u waxy genotypů 6,9 %, u genotypů s nulovým obsahem amylózy 6,3 % a u genotypů se standardním složením škrobu pak 4,4 % (IZYDORCZYK et al., 2005). Řada studií také uvádí, že obsah β -glukanů závisí jak na genotypu, tak i na podmínkách pěstování (MACGREGOR a FINCHER, 1993), kdy teplejší a sušší podmínky pěstování celkový obsah β -glukanů zvyšují (SWATSON a ELLIS, 2002). Taktéž je popisován i vliv dalších agro-environmentálních faktorů nejen u ječmene (YALCIN et al., 2007; HANG et al., 2007; DICKIN et al., 2011), ale i u ovsu (PETERSON, 1991). Evropský úřad pro bezpečnost

potravin (European Food Safety Authority, EFSA), jehož úkolem je mimo jiné poskytovat nezávislá vědecká stanoviska, schválil tvrzení, že β -glukan z ječmene snižuje hladinu cholesterolu v krvi. Tohoto příznivého účinku je dosaženo na základě denního příjmu 3 g β -glukanů z ječmene a toto tvrzení lze použít u potravin, jež obsahují alespoň 1 g β -glukanů z ječmene v kvantifikované porci (NAŘÍZENÍ KOMISE č. 1048/2012).

Tabulka 4: Obsah složek celkové a rozpustné vlákniny v zrně obilovin v % (PRUGAR et al., 2008)

DRUH	β -glukany		arabinoxylany	
	celkové	rozpustné	celkové	rozpustné
<i>ječmen</i>	4,95	3,28	6,47	0,55
<i>bezpluchý ječmen</i>	4,4	2,7	-	-
<i>oves</i>	3,83	2,42	8,69	0,57
<i>pšenice</i>	0,74	0,65	7,53	1,34
<i>žito</i>	2,15	0,77	9,65	2,95

2.5.2.3 Lignin

Lignin se vyskytuje obdobně jako hemicelulózy jako inkrustační složka celulózy v obalových vrstvách ječného zrna, kde vyztužuje a zpevňuje buněčné stěny a vyskytuje se v množství zhruba 2 %. Jedná se o fenolový polymer vyztužující a zpevňující buněčné stěny rostlinných buněk (ZIMOLKA, 2006; LEKEŠ, 1985; KOSAŘ, PROCHÁZKA, 2000).

Uvádí se jako hlavní činitel omezující stravitelnost buněčných stěn, ale jeho obsah sám o sobě není vždy dobrým kritériem pro predikci degradovatelnosti buněčných stěn. Proto je třeba vzít v úvahu i další faktory, jako je například složení ligninu, druhy vazeb hydroxyskořicových kyselin apod. Lignin je prakticky nestravitelný a působí jako mechanická bariéra pro trávicí enzymy (KALAČ a MÍKA, 1997).

Lze rozlišovat lignin vnitřní a vnější, kdy vnitřní lignin (core lignin) je vysoce kondenzovaný polymer s vysokou molekulovou hmotností, se dvěma či více kovalentními vazbami mezi monomery. Vnější lignin (non-core lignin) je složen především z kyselin

p-kumarových a ferulových, estericky vázaných buď na vnitřní lignin, nebo na hemicelulózy (KALACĀ a MÍKA, 1997).

2.5.3 Enzymy

Pro činnost řady enzymů mají význam i stopové prvky (zinek, mangan, měď, selen a bór) obsažené v obilce (ZIMOLKA, 2006).

U ječmene jsou ceněny antioxidační vlastnosti, které má díky obsahu enzymu superoxiddismutázy (SOD), tokoferolů a tokotrienolů (izomery vitamínu E), i kyselině ferulové. Tokotrienoly (zejména alfa-tokotrienol) v zrně ječmene podporují také útlum syntézy cholesterolu v játrech. V souboru pluchatých i bezpluchých odrůd byla zjištěna aktivita SOD v ječných zrnech 56-115 U·g⁻¹ sušiny (mezinárodní jednotka). Nejvyšší hodnoty SOD byly stanoveny u linií získaných křížením s waxy typy ječmene (BELCREDIOVÁ et al., 2007).

Neméně důležité jsou enzymy, kdy jejich obsah a hlavně vzájemný poměr jsou do značné míry charakteristické pro jednotlivé pěstované odrůdy. Značně je však ovlivňují agroekologické faktory (LEKEŠ, 1985).

Nejschůdnější cestou pro omezení nežádoucích účinků je aplikace enzymových preparátů, protože endogenní enzymy ptáků a savců nedokáží štěpit polysacharidy buněčných stěn (KALACĀ a MÍKA, 1997).

Přínosem enzymů ve výživě nepřežvýkavých zvířat není zvýšení stravitelnosti vlákniny, jak se mnohdy odborná veřejnost domnívá, ale zvýšení stravitelnosti ostatních složek potravy, živin jinak pro zvíře nedostupných. Složení směsi enzymů musí odpovídat složení krmiva a druhu a kategorii zvířat, pro která jsou určena. Volba vhodného enzymu musí především vycházet ze složení krmiva. Dodavatelé enzymu deklarují použití na různé typy krmiv (pšeničné, ječné, směsné aj.). Většina dodavatelů však nezohledňuje druh a kategorii zvířat. Je také prokázáno, že nelze dosáhnout maximální návratnosti enzymů u drůbeže s enzymy určenými prasatům a naopak. Specializované enzymy znamenají vždy vyšší kvalitu i ekonomickou návratnost, i když může být jejich použití pracnější z důvodu skladování či evidence (MEIXNER, 2000a).

Při aplikaci enzymů je třeba brát v úvahu několik obecných zásad:

- Enzymový preparát musí obsahovat takové enzymy, které jsou vůči neškrobovým polysacharidům daného krmiva účinné, např. β -glukanázu pro ječmen a oves či xylanázy pro žito, pšenici a triticales.
- Aktivita enzymů musí být dostačující pro potlačení antinutričních účinků.
- Je žádoucí, aby enzymový preparát současně obsahoval i fytázu, která zvýší využitelnost fosforu (DIERICK a DECUYPERE, 1996).

Tyto zásady jsou zobecněním výsledků početných pokusů, prováděných zejména s kuřaty. Při prověřování preparátů obsahujících jako hlavní enzymy β -glukanázu a xylanázu se projevily jejich příznivé účinky na příjem a využitelnost krmiva a na přírůstky především u startérových směsí na bázi ječmene (SALOBIR, 1995; KAOMA, 1995; KAOMA, 1996; BRENES, 1993). Podobný přínos představovaly preparáty obsahující celulózu (MAREK a SPLÍTEK, 1990), či celulózu s xylózou (MARQUARDT, 1994), použité pro krmné směsi obsahující žito a bezpluchý ječmen. Proto je podstatou účinku enzymů u drůbeže snížení viskozity tráveniny. Tímto efektem se vysvětluje u drůbeže cca 80 % efektu enzymů přidávaných do krmiva. Čím nižší věk zvířete, tím vyšší dopad viskozity krmiva a tím větší efekt krmných enzymů (MEIXNER, 2000a).

Vzhledem k odlišnostem ve složení krmiva a fyziologii trávení tak nelze dosáhnout maximálního efektu s univerzálním složením enzymatického premixu. Krmné enzymy musí vydržet nízké pH 3 – 4 v žaludku zvířete a být maximálně účinné při pH 6 – 7 v tenkém střevě. Musí také vydržet technologickou teplotu zpracování krmiva a mít maximální aktivitu při teplotě 38 – 40 °C ve střevě. Toho lze dosáhnout pouze cíleným výběrem a šlechtěním produkčních kmenů a stabilizací hotových výrobků (MEIXNER, 2000a).

Při přidavku enzymů u prasat byl zjištěn nižší přínos těchto enzymů ve srovnání s drůbeží především proto, že v trávicím traktu prasat se uvolňuje z neškrobových polysacharidů jen velmi málo stravitelných monosacharidů, zatímco poměrně velká množství uvolněných oligosacharidů absorbována nejsou a podléhají nežádoucím

fermentačním procesům působením střevní mikroflóry. Za jistý přínos se považuje zvýšení stravitelnosti bílkovin, které se působením přidaných enzymů uvolnily z vazby na neškrobové polysacharidy. Obsah dusíku ve výkalech klesá o 5 – 20 %, což je příznivě hodnoceno z ekologického hlediska. Přidávané enzymy nevyvolávají u prasat žádné nepříznivé nutriční a fyziologické účinky, ani neovlivňují jakost masa (DIERICK a DECUYPERE, 1995). Dalším faktorem, jenž zřejmě snižuje účinnost přidávaných enzymů u prasat, jsou nízké hodnoty pH žaludku, které málokdy překročí 3,0. To je nepříznivé pro působení β -glukanázy, nicméně část její aktivity je zachována ještě v tenkém střevu. Objevují se také otázky zda β -glukany nejsou u prasat štěpeny endogenními enzymy (BAAS a THACKER, 1996).

2.6 Další antinutriční látky v zrně ječmene

Ječmen, stejně jako další obiloviny, obsahuje celou řadu nežádoucích přirozených škodlivých látek, které se v zrně vyskytují jako produkty sekundárního metabolismu nebo meziproducty základních metabolických reakcí, případně jako stavební látky buněk. Do těchto látek se řadí kyselina fytová, neškrobové polysacharidy a celá skupina fenolických látek. Na druhou stranu ale neškrobové polysacharidy, hlavně jejich rozpustná forma, a různé skupiny polyfenolických látek působí prokazatelně příznivě v prevenci mnohých civilizačních chorob, takže pro lidský konzum jsou v rostlinných produktech naopak látkami žádoucími (PRUGAR et al., 2008).

2.6.1.1 Kyselina fytová a soli kyseliny fytové - fytáty

Kyselina fytová je úplným esterem cyklického alkoholu inositolu a kyseliny fosforečné a jedná se o silnou kyselinu s vysokou disociační konstantou. Jedna molekula kyseliny fytové přitom může vázat až 6 bivalentních kovových kationů a ty pak dále poutat další molekulou kyseliny fytové. Výsledkem je potom struktura nerozpustná v poměrně širokém rozpětí pH. Výjimkou ovšem je, jestliže k jedné molekule kyseliny fytové je poután jeden kation. Takové fytáty jsou snadno rozpustné a vytvářejí se v přítomnosti dostatečného množství kyseliny fytové. Rozpustnost fytátů je tedy do značné míry ovlivněna poměrem kovu a kyseliny fytové (KALÁČ a MÍKA, 1997).

Svým silně negativním nábojem ovlivňuje jiné molekuly. Bílkoviny, které nesou v postranních řetězcích pozitivní a negativní náboje se mohou v závislosti na pH spojovat iontovou vazbou s negativně nabitou kyselinou fytoovou a stávají se mnohdy nerozpustnými. Přes polyvalentní kationy se mohou z kyseliny fytoové a bílkovin s negativními náboji vytvářet ternární komplexy, čímž se bílkoviny v potravě stávají nerozpustnými a jejich stravitelnost je tak omezená (KALAČ a MÍKA, 1997).

Fytáty patří mezi látky, které snižují stravitelnost bílkovin a zhoršují využitelnost minerálních látek, zejména vápníku (ZIMOLKA, 2006). Jsou to soli kyseliny fytoové – nazývané fyтин. Jedná se především o zásobní energetickou látku, iniciátora dormance a zásobní místo minerálních látek (MAROUNEK, 2004). Blokují také řadu trávicích enzymů – pepsin, α -amylázu z pankreatu a lipázy (KALAČ a MÍKA, 1997). Fytáty jsou obsaženy v aleuronové vrstvě a obalech ječného zrna (ZIMOLKA, 2006). Chemicky či působením enzymu fytázy je fyтин štěpen na molekuly kyseliny trihydrogen fosforečné a inositolu. Inositol se řadí do skupiny vitamínu B a je pro vyšší živočichy nepostradatelnou látkou, kdy u biologicky aktivního myoinositol-6 fosfátu byly dokonce pozorovány příznivé antikancerogenní účinky (GRAF a EATON, 1993).

Z druhé strany jsou fytáty přirozeně se vyskytující toxikanty (OBERLEAS, 1989), které vytvářejí nerozpustné, biologicky neúčinné komplexy s řadou důležitých minerálních látek, blokují některé trávicí enzymy u hospodářských zvířat a negativně ovlivňují využitelnost živin a nutričně významných látek. Při dietě s převahou rostlinné stravy přispívá přítomnost fytátu k deficienci železa a zinku (LIND et al., 2003; MANARY et al., 2000; MENDOZA et al., 1998). Dále bylo zjištěno, že při chudé stravě a přebytku kyseliny fytoové dochází k tvorbě komplexů, jež jsou pro absorpci biologicky nevyužitelné. Tyto komplexy se tvoří s esenciálními minerály, jako je vápník, zinek, železo a hořčík (LEE et al., 2003).

Nepřezvýchavá hospodářská zvířata ani lidé nemají vhodné enzymatické systémy, které by mohly kyselinu fytoovou a její deriváty účinně štěpit. Využití fytátového fosforu je tak silně omezeno především u mláďat a drůbeže (VACULOVÁ, 2011). Podíl fytátového fosforu z fosforu celkového v obilkách ječmene činí 65 % (KALAČ a MÍKA, 1997).

Za značný úspěch se považovalo vyšlechtění mutantních linií nejen ječmene (BREGITZER et al., 2010), ale i kukuřice (MAZARIEGOS et al., 2006), pšenice (GUTTIERI et al., 2004), sóji (FRANK et al., 2009) a rýže (ALI et al., 2013), které mají snížený obsah fytové kyseliny a zvýšený podíl anorganického fosforu – tzv. lpa (low phytic acid) genotypy, které následně našly významné uplatnění zejména v krmení hospodářských zvířat (BREGITZER a RABOY, 2006).

Z nežádoucích látek by měl být minimalizován především obsah některých inhibitorů enzymů, fenolových látek, fytátů a hrubé vlákniny (celulózy, ligninu, pektinu), snižující stravitelnost sušiny krmiva. V Kanadě již byly registrovány první odrůdy s bezpluchým zrnem vhodné ke krmení, které mají snížený obsah vázaného fosforu v zrně v podobě kyseliny fytové a zvýšený obsah volného fosforu (PRUGAR et al., 2008).

Fytátový fosfor je pro kuřata přijatelný jen asi z 10 %, pro krůčata ještě méně, a to jen kolem 2 %. Pokud se drůbeži současně podával i vitamin D, využitelnost se poněkud zlepšovala, ale nedosáhla hodnot využitelnosti fosforu z anorganických sloučenin. Naopak prasata využívají fytátový fosfor efektivněji než drůbež, respektive ptáci celkově, protože vzhledem k příznivému kyselému prostředí v žaludku a částečně i v tlustém střevu probíhá přece jen rozsáhlejší hydrolýza fytátů z krmiva. Co se skotu týče, využitelnost fytátového fosforu je vůbec nejlepší, protože se převážná část hydrolyzuje a vstřebává stěnou bachoru. Enzym fytázu produkují mikroorganismy bachoru přežvýkavců a v dostatečném množství je i v bachorové šťávě. Při vysokém zastoupení fytátového fosforu v krmné dávce však i u nich klesá jeho využitelnost (KALACĚ a MÍKA, 1997). Doporučuje se použití doplňkových fytáz ve výživě prasat, ale i drůbeže, a to z důvodů jak nutričních, tak i ekonomických (ZEMAN et al., 1997).

2.6.1.2 Polyfenolické látky

Polyfenolické látky si rostliny vytvářejí na obranu proti škůdcům a chorobám, mnohé z nich mají fungicidní, baktericidní a virocidní účinnost a jsou významnými obsahovými látkami spojovanými s reakcí rostlin na změny vnějších podmínek (CHALKER-SCOTT a KRAHMER, 1989; MAYER, 2006).

Ječné zrnó má vyšší obsah polyfenolů, zejména flavanolů, než jiné obiloviny (McMURROUGH et al. 1983). V ječném zrnú je vysoký obsah polyfenolických látek obsažen zejména v aleuronové vrstvě a obalech, tedy pluše a plušce (GOLDAMMER, 1999). Čím je v zrnú vyšší obsah bílkovin, tím nižší bývá obsah polyfenolů. K fenolovým sloučeninám patří jednoduché fenolové kyseliny, které jsou v obilce volné i vázané. Jedná se o kyselinu syringovou, vanilinovou, felurovou. Častěji se však vyskytují ve formě glykosidů nebo esterů, např. kyselin chlorogenové, isofelurové, kávové, skořicové apod. Řada z nich funguje jako inhibitory klíčení. Při máčení ječmene se částečně vyluhují (KOSAŘ, PROCHÁZKA, 2000).

V obalových vrstvách víceřadého ječmene byl stanoven vyšší obsah polyfenolů (taninů) než u dvouřadého ječmene, rozdíly existují i v závislosti na provenienci ječmene (GOLDAMMER, 1999). Obsah fenolických látek v obilce je variabilní a závisí jak na konkrétních povětrnostních podmínkách lokality a zdravotním stavu porostu, tak i na vlastním genotypu příslušné odrůdy ječmene (VACULOVÁ, 2011).

Vysoký obsah polyfenolických látek v zrně krmného ječmene a v krmivářsky využívaných vedlejších produktech po sladování (např. sladovém květu) je negativním faktorem, jenž ovlivňuje hodnotu této suroviny pro krmení. Některé volné fenolové kyseliny se podílejí na tvorbě o-chinonů, jež jsou schopny vázat esenciální aminokyseliny - lyzin a methionin (KUDRNA, 2004). Krmiva s vysokým obsahem tříslovin působí škodlivě na sliznice zažívacího traktu, denaturují trávicí enzymy, čímž snižují odbourávání a resorpci živin z krmiva (KUDRNA, 2004). Do charakteristiky by měla být zahrnuta také schopnost tříslovin tvořit komplexy nejen s bílkoviny, ale i s celulózu, škrobem, popřípadě i s některými minerálními sloučeninami (KALÁČ a MÍKA, 1997). Vůči tříslovinám je nejvíce vnímavá drůbež. V souvislosti s vyšší hladinou tříslovin v krmivu byly pozorovány i senzorické změny produktů živočišné výroby, jako je změněná chuť a vůně masa či olivově zelené žlutky (VACULOVÁ, 2011).

Třísloviny mají jak příznivé, tak i nepříznivé účinky na krmnou hodnotu. Při vysokém obsahu snižují příjem krmiva, stravitelnost bílkovin i sacharidů a užitkovost zvířat. Při nízkém až středním obsahu brání u přežvýkavců nadmutí a zvyšují tok

neamoniakálního dusíku a esenciálních aminokyselin z bacheru, čímž zvyšují využitelnost bílkovin krmiva. Třísloviny mohou snižovat příjem krmiva zhoršením jeho chutnosti nebo zhoršením trávicích pochodů. Svíravá chuť je způsobena tvorbou komplexů mezi tříslovinami a glykoproteiny slin. Svíravost přitom může zvyšovat tvorbu slin. Zpomalení růstu je způsobeno kombinací sníženého příjmu krmiva a snížené stravitelnosti bílkovin, především snížením absorpce esenciálních aminokyselin, zejména methioninu a lysinu. Tento jev se vyskytuje zejména u nepřezvýkavých zvířat, u přežvýkavců jen při vysoké zastoupení v krmné dávce (KALACĀ a MÍKA, 1997). Snížená stravitelnost polysacharidů i dalších složek tráveniny je způsobena reakcí tříslovin s trávicími enzymy. Dalším mechanismem je tvorba nestravitelných komplexů mezi tříslovinami a polysacharidy buněčných stěn, kdy mohou být třísloviny rovněž toxické pro mikroflóru bacheru a to oběma uvedenými cestami (WAGHORN et al., 1994).

2.7 Výživa drůbeže

Intenzivně chovaná drůbež má vysoké požadavky na množství živin a stravitelnost krmiva, a právě proto jsou ceny krmiv pro drůbež vždy vysoké. Je to dáno především extrémními požadavky na množství produkovaného proteinu (svalovina, vejce) na straně jedné, a specifickými vlastnostmi trávicího traktu na straně druhé (MEIXNER, 2000). Výzkum ukázal, že podstatou zdravotních problémů a zhoršení užitkovosti kuřat krměných dietami s ječmenem je vysoký obsah látek, které jsou nejen samy nestravitelné, ale navíc narušují stravitelnost ostatních složek krmiva. Nerozpustná část neškrobových polysacharidů tvoří mechanickou zábranu průniku vlastních trávicích enzymů zvířete k živinám obsaženým uvnitř buněk, jako je škrob či protein (MEIXNER, 2000a).

Co se ječmene ve výživě drůbeže týče, obsahuje mnoho vlákniny. Nižší obsah energie je proto vhodné kompenzovat přídatkem tuku do krmné směsi. Hlavní problémem u ječmene je také vysoký obsah β -glukanů, které ovlivňují viskozitu tráveniny a jsou příčinou vlhké podestýlky ve stáji. Je proto vhodné směs doplňovat o průmyslově vyráběnou β -glukanázu. S enzymy je možné do směsi dávat až 30 – 40 % ječmene, avšak bez nich se doporučuje dávat pouze 15 – 20 %. Pšenice oproti ostatním obilovinám obsahuje více fytázy, a proto jsou živiny vázané ve fytátech lépe využívány. Nicméně

vzniklým teplem při granulaci směsi může dojít ke zničení fytázy. Čerstvě sklizená pšenice je hůře stravitelná a nepříznivě ovlivňuje užitekost především kvůli vyššímu obsahu neškrobových polysacharidů, které se však po 2 - 4 týdnech v zrně snižují (ZELENKA, 2014).

3 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo zjistit možnost využití bezpluchého ječmene ve výživě brojlerových kuřat. Pro pokus byla zvolena odrůda bezpluchého ječmene KM 1057-1906, která se vyznačuje sníženým obsahem vlákniny a sníženým obsahem β -glukanů.

V práci jsme pozorovali vliv zařazení dvou hladin bezpluchého ječmene v krmné směsi ve výši 30 % a 60 %. Kontrola byla prováděna za pomoci pšenice v zastoupení taktéž 30 % a 60 % v krmné dávce. Během pokusu jsme dále sledovali spotřebu krmiva, přírůstky hmotnosti a jatečnou výtěžnost.

4 MATERIÁL A METODIKA

Pro pokus byla použita brojlerová kuřata hybridní kombinace ROSS 308. Tento brojlerový typ kuřete je robustní, rychle rostoucí s dobrou konverzí krmiva a masnou výtěžností. Byl vyvinut, aby uspokojil požadavky zákazníků, jež si žádají konsistentní užítkovost a přizpůsobivost, a aby vyhověl širokému spektru požadavků na výsledný produkt (ANONYM, 2014a).

Experiment byl proveden v pokusných stájích Mendelovy univerzity v Brně. Do pokusu jsme zařadili 80 sexovaných kohoutků vybíraných peříčkovou metodou ve stáří 7 dnů. Prvních 7 dnů byla kuřata v přípravném období a byla krmena krmnou dávkou BR2, jež obsahovala antikokcidika. Složení krmné směsi je uvedeno v tabulce 6. Od 15. dne jsme kuřata krmili směsí s ječmeny, které neobsahovaly antikokcidika a od 20. dne probíhalo samotné vážení ke zjištění spotřeby krmiva a výše přírůstků. Po naskladnění kohoutků jsme provedli kontrolní vážení, označili kohoutky individuálními křídelnými známkami a následně jsme kohoutky rozdělili do klecí. Rozdělení proběhlo následovně: vytvořili jsme 4 skupiny po 20 kusech, z nichž dvě skupiny byly kontrolní a dvě skupiny pokusné. Klece i veškeré vybavení stáje bylo v souladu se Zákonem č. 246/1992 Sb., ve znění pozdějších změn a doplňků. Tento zákon se týká ochrany zvířat proti týrání.

Dieta sestávala z vody a netvarované krmné směsi podávané *ad libitum*. Krmivo jsme předkládali vždy ve stejnou dobu a u směsí byla každý den zaznamenávána spotřeba. Následně, po ukončení pokusu, jsme z denních spotřeb vypočítali konverzi krmiva na kilogram přírůtku. Kohoutkům v pokusných klecích jsme předkládali izonitrogenní dietu s 30 % a 60 % bezpluchého ječmene a kontrolní skupině jsme předkládali dietu s 30 % a 60 % kontrolní pšenice. Během experimentu jsme každý třetí den zaznamenávali přírůstek hmotnosti, každý den se zaznamenávala teplota a vlhkost a denně jsme také odstraňovali trus. Čistili jsme napáječky a sledovali zdravotní stav všech kohoutků. Během celého experimentu nedošlo u hejna k žádným zdravotním problémům a nevyskytla se žádná infekce ani náhlý úhyn.

Klima ve stáji bylo přizpůsobeno manuálu pro výkrm brojlerových kuřat typu ROSS 308. Klesající teplotu znázorňuje následující tabulka:

Tabulka 5: Požadavky na teplotu ve stáji (ANONYM, 2014b)

Věk (dny)	Teplota v závislosti na relativní vlhkosti 50 - 60 %
6	28,8 °C
9	27,65 °C
12	26,75 °C
15	25,8 °C
18	24,55 °C
21	23,7 °C
24	22,6 °C
27	21,7 °C

* další dny je teplota neměnná, nebo se přihlíží k individuálním potřebám konkrétního hejna

Ve 43. dnu jsme kohoutky nejdříve zvážili a poté usmrtili dekapitací. Následně jsme provedli vykrvení, oškubání, vykuchání, zvážení a zchlazení jatečně upravených těl. Ze zaznamenaných údajů jsme vypočítali jatečnou výtěžnost brojlerových kuřat. U pěti kohoutků z každé skupiny, u nichž byla živá hmotnost nejbližší k průměrné hmotnosti celé skupiny, jsme zjišťovali procentický podíl prsní a stehenní svaloviny. Z prsou a vykostěných stehů jsme odstranili kůži s podkožním tukem i veškerým jiným viditelným tukem. Takto opracovanou svalovinu jsme zvážili a poté jsme vypočetli procentický podíl prsní a stehenní svaloviny z živé hmotnosti kuřete.

Tabulka 6: Složení experimentálních krmných směsí

<i>Komponenty</i>	Bezpluchý ječmen 30%	Kontrola (pšenice) 30 %	Bezpluchý ječmen 60 %	Kontrola (pšenice) 60 %
<i>Kukuřice 9 % NL</i>	35,45 %	34,80 %	7,80 %	5,60 %
<i>Škrob kukuřičný</i>	-	-	2,15 %	1,20 %
<i>Sojový extrahovaný šrot (<3,5 % vlákniny)</i>	25,60 %	27,30 %	21,00 %	24,20 %
<i>Slunečnicový olej</i>	5,00 %	4,00 %	0,00 %	5,00 %
<i>Vápenec mletý VJM c. 10 (37,5 % Ca)</i>	0,30 %	0,30 %	0,30 %	0,30 %
<i>Monokalciumfosfát (24,5 % P)</i>	0,60 %	0,60 %	0,60 %	0,60 %
<i>VBR2 - 18</i>	3,00 %	3,00 %	3,00 %	3,00 %
<i>Lysin (L-lysin. HCL) (78 %)</i>	0,05 %	-	0,15 %	0,10 %
<i>Pšenice 13,26 % NL</i>	-	30,00 %	-	60,00 %
<i>Bezpluchý ječmen 15,7 % NL</i>	30,00 %	-	60,00 %	-

* lysin 60,0 g; methionin 75,0 g; threonin 34,0 g; vápník 200,0 g; fosfor 65,0 g; sodík 42,0 g; měď 500,0 mg; železo 2500,0 mg; zinek 3400,0 mg; mangan 4000,0 mg; kobalt 7 mg; jod 30,0 mg; selen 6,0 mg; tokoferol 450000,0 mg; calciferol 166700,0 m.j. ; tokoferol 1500,0 mg; vit K350,0 mg; B1 140,0 mg; B2 230,0 mg; B6 200,0 mg; B12 1000,0 mg; biotin 7,0 mg; niaciamid 1200,0 mg; kys. listová 57,0 mg, pantothenan vápenatý 450, 0 mg; cholinchlorid 6000,0 mg; salinomycinát sodný 2333,0 mg (v krmné směsi do 15. dne)

Tabulka 7: Živinné složení krmných směsí

	Kontrola (pšenice) 30 %	Kontrola (pšenice) 60 %	Bezpluchý ječmen 30 %	Bezpluchý ječmen 60 %
<i>Laboratorní sušina %</i>	91,91	92,4	91,94	91,59
<i>Popel %</i>	5,44	5,43	6,07	6,01
<i>N-látky %</i>	21,12	21,78	20,73	21,22
<i>Tuk %</i>	6,08	6,62	7,52	7,02
<i>Vláknina %</i>	2,94	3,34	3,24	3,85
<i>Brutto energie MJ/kg</i>	16,9002	17,0717	17,1596	17,2447
PŘEPOČET NA 100 % SUŠINU				
	Kontrola (pšenice) 30 %	Kontrola (pšenice) 60 %	Bezpluchý ječmen 30 %	Bezpluchý ječmen 60 %
<i>Laboratorní sušina %</i>	100	100	100	100
<i>Popel %</i>	5,92	5,88	6,60	6,56
<i>N-látky %</i>	22,98	23,57	22,55	23,17
<i>Tuk %</i>	6,62	7,16	8,18	7,66
<i>Vláknina %</i>	3,20	3,61	3,52	4,20
<i>Brutto energie MJ/kg</i>	18,3878	18,4759	18,6639	18,8281

Pro pokus byl zvolen bezpluchý ječmen KM 1057-1906, který byl vyšlechtěn za účelem snížení obsahu β -glukanů a snížení obsahu vlákniny v porovnání se standardními typy ječmene.

Tabulka 8: Obsah β -glukanů a kolorimetrický test

	β-glukany %	kolorimetrický test
<i>pšenice</i>	0,6	3
<i>bezpluchý ječmen</i>	3,75	2,75
<i>standardní ječmen</i>	5,4	4

Kolorimetrický test stanovuje množství fosforu. Jedná se o jednoduchou vizuální metodu, která u cílových materiálů po přidání Chenova činidla hodnotí intenzitu kolorimetrické reakce v porovnání s kontrolami o předem známém obsahu volného

fosforu. Obsah β -glukanů se zjišťuje extrakcí kyselou hydrolyzou pomocí kyseliny sírové. Podle metodiky VACULOVÉ (2011) je k měření fluorescence a pro kvantifikaci použita technika průtokové injekční analýzy. Vzorek je vstřikován do tekoucího nosného proudu činidel a vytváří tak koncentrační gradient. Produkt reakce je potom kvantitativně měřen fluorescenčním detektorem (BALOUNOVÁ et al., 2012).

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

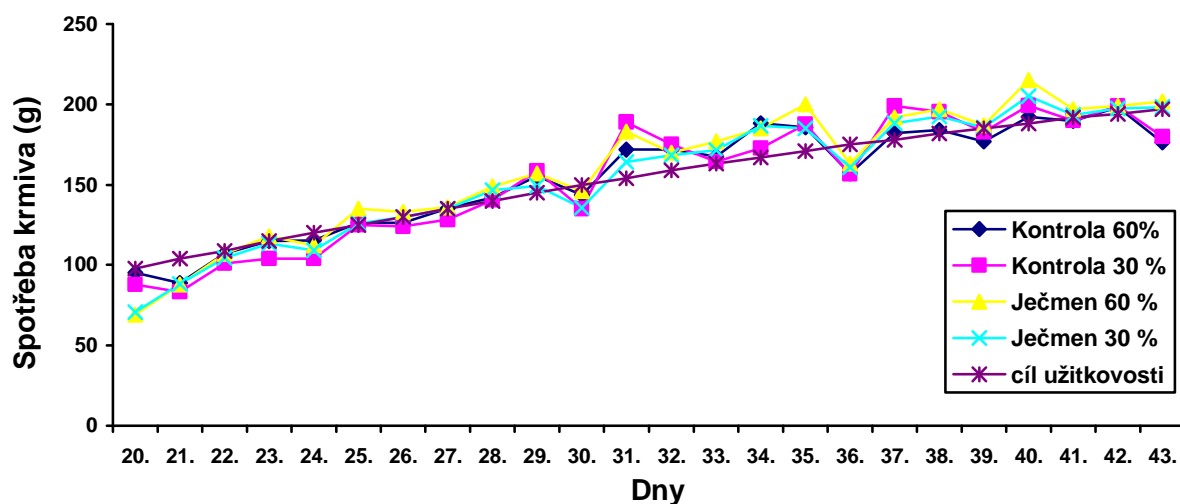
V průběhu pokusu od 20. do 42. dne věku kuřat docházelo ke stálému zvyšování spotřeby krmiva. Jednotlivé průměrné hodnoty spotřeby krmiva na kus a den jsou uvedeny v tabulce 9. Nejnižší celková spotřeba krmiva byla zjištěna u Kontrolní skupiny s 30% obsahem pšenice a to 3674,83g. Naopak nejvyšší celkovou spotřebu jsme zaznamenali u pokusné skupiny Ječmen 60 % v hodnotě 3817,74g. Rozdíly však nebyly průkazné $P < 0,05$. Spotřeba krmiva v našem pokusu se lišila od průměrných spotřeb, které uvádí manuál pro výkrm brojlerových kohoutků. Spotřeba byla vždy nižší, a to u kontrolní skupiny s 60 % pšenice v průměru o 16,23 g/den a u kontrolní skupiny s 30 % pšenice v průměru o 16,71 g/den. U ječmenů byla spotřeba krmiva oproti manuálu taktéž nižší, nicméně rozdíly nebyly tak markantní, jako u pšenic. U diety s 30 % bezpluchého ječmene byl rozdíl ve spotřebě v průměru o 12,84 g/den a u 60 % bezpluchého ječmene v průměru o 15,87 g/den (ANONYM, 2014b).

Tabulka 9: Průměrná spotřeba krmiva na kus a den během výkrmu (g)

Věk ve dnech	Kontrola 60 %	Kontrola 30 %	Ječmen 60 %	Ječmen 30 %
20	95,38	87,78	69,17	70,83
21	88,72	83,33	88,33	88,33
22	107,18	101,11	106,67	104,17
23	114,87	103,89	117,5	113,33
24	115,38	103,89	111,67	109,17
25	126,15	125	135	125,83
26	126,15	123,89	133,33	130
27	135,38	128,33	135,83	135
28	142,05	140,56	149,17	146,67
29	155,44	158,72	157,42	149,08
30	143,59	135	145,83	135,83
31	171,79	188,89	182,61	164,17
32	171,79	175	170,43	168,33
33	167,69	164,44	177,39	171,67
34	188,21	172,78	185,22	186,67
35	185,64	187,78	200	185
36	156,92	156,67	162,61	160,83
37	182,05	199,11	192,17	188,33
38	184,1	195,56	197,39	192,5
39	176,92	182,78	186,96	185,83
40	192,31	199,44	214,78	205
41	189,74	190	197,39	193,33
42	198,46	198,89	199,13	197,5
43	176,41	180	201,74	198,33
SPOTŘEBA CELKEM	3692,36	3674,83	3817,74	3705,75

Porovnání průměrné denní spotřeby krmiva na kus a den s cílem užítkovosti hybridní kombinace ROSS 308 je uveden v grafu 1. Můžeme sledovat zvyšující se tendenci, která koresponduje se zvyšujícími se hmotnostmi, které jsou uvedeny v tabulce 12. I když jsou patrné rozdíly ve spotřebě mezi jednotlivými skupinami, i tak tyto rozdíly byly neprůkazné. Na začátku výkrmu byly průměrné denní spotřeby nižší v porovnání s cílem užítkovosti ROSS 308 (ANONYM, 2014b), avšak ke konci výkrmu docházelo ke zvýšení průměrné denní spotřeby. Výkyvy ve spotřebě mohly být zapříčiněny manipulací s kohoutky, kdy se snížená spotřeba vyskytla vždy jeden den po kontrolním vážení. Obecně byla nejvyšší spotřeba zaznamenána u krmné směsi s 60% zastoupením bezpluchého ječmene a nejnižší spotřeba u Kontrolní skupiny s 30 % pšenice v krmné směsi.

Graf 1: Průměrná denní spotřeba krmiva na kus a den v porovnání s cílem užítkovosti ROSS 308 (g)



Konverze krmiva ve sledovaném období od 20. do 42. dne věku kuřat je uvedena v tabulce 10. Z tabulky je patrné, že nejvyšší konverze byla u kuřat v pokusné skupině Ječmen 60 % a to 1,94 kg na kg přírůstků, zatímco nejnižší konverze byla zaznamenána u pokusné skupiny Ječmen 30 % a to 1,73 kg na kg přírůstků. V porovnání s cílem užítkovosti pro výkrm brojlerových kohoutků hybridní kombinace ROSS 308

(ANONYM, 2014b) se však všechny hodnoty vyskytují nad hranicí 1,703 kg na kg přírůstků. U konverze krmiva nebyly zjištěny průkazné rozdíly.

V pokusu, jenž vedl CLASSEN et al. (1985), byl zjištěn nepatrný pokles konverze krmiva. Dále tento pokus ukazuje, že přidání 60 % bezpluchého ječmene vykazoval nižší hodnoty ve všech zkoumaných oblastech oproti loupanému ječmenu.

Tabulka 10: Celková konverze krmiva během výkrmu

	Konverze krmiva		
	ks	Průměr	Směrodatná odchylka
Celkem	80	1,82 ±	0,463
Kontrola 60 %	20	1,77 ±	0,257
Kontrola 30 %	20	1,82 ±	0,434
Ječmen 60 %	20	1,94 ±	0,711
Ječmen 30 %	20	1,73 ±	0,327

Cílem studie CLASSENA et al. (1985) bylo zhodnotit vliv bezpluchého ječmene jako složky krmiva pro brojlerová kuřata. Snažili se poskytnout důkazy o mechanismu působení antinutričních látek a určit různé úpravy, které by mohly zlepšit nutriční hodnotu bezpluchého ječmene. Jako kontrolu používali taktéž směsi s pšenicí. Bezpluchý ječmen byl do směsí zařazován v zastoupení 20 %, 40 % a 60 %. Obdobné zastoupení bylo i při použití kontrolní pšenice. V části experimentu do kontroly zařadili i loupaný pluchatý ječmen v zastoupení 60 % v krmné směsi. Pro pokus použili kuřata hybridní kombinace Hubbard a s pokusem začali již první den po naskladnění. Celý pokus byl rozdělen do několika experimentů, kdy v prvním zkoumali energetickou hodnotu 3 typů bezpluchého ječmene a 3 typy loupaného ječmene. Jako kontrolu použili pšenici. Výsledky z tohoto experimentu byly statisticky neprůkazné, ale metabolizovatelná energie byla u bezpluchého ječmene vyšší než u loupaného ječmene.

Ve druhém experimentu CLASSENA et al. (1985) byly do diet zařazeny bezpluché ječmeny a pšenice v různém procentickém zastoupení. Během pokusu zjistili, že čím více

bylo ječmene v krmné dávce, tím horší byly přírůstky tělesné hmotnosti. Ve třetím experimentu zkoumali vliv bezpluchého ječmene s přidavkem enzymů a ošetření zrna gamma zářením. Současně zjišťovali, zda škodlivé účinky bezpluchého ječmene byly zapříčiněny špatnou stravitelností živin či trvalou změnou gastrointestinálního traktu a tím sníženou absorpcí živin. Tento vliv zkoumali ze vzorků trusu, konkrétněji stanovením absorpce tuku z diety. Ošetřená dieta enzymy a gamma zářením měla lepší výsledky než dieta s neošetřeným bezpluchým ječmenem.

Ve čtvrtém experimentu se CLASSEN et al. (1985) zabývali vlivem různě rozmělněného zrna bezpluchého ječmene. Výsledky nebyly statisticky průkazné, nicméně jemně mletý ječmen snižoval konverzi krmiva, měl nižší energetickou hodnotu díky tepelnému narušení bílkovin, ale lepší využitelnost škrobu. Závěrem celého pokusu bylo, že neošetřený bezpluchý ječmen není vhodnou obilovinou pro krmení brojlerových kuřat. Nicméně po ošetření enzymy či gamma zářením je krmná hodnota srovnatelná s pšenicí.

Průměrné přírůstky jsou uvedeny v tabulce 11. Nejvyšších průměrných přírůstků během celého výkrmu dosahovali kohoutci v pokusné skupině Ječmen 30 %. Ve 41. dnu byly průměrné přírůstky v této skupině 140,5 g na kus a den. Naopak nejnižších průměrných přírůstků 127,9 g na kus a den bylo dosaženo u Kontrolní skupiny 30 %. Mezi hodnotami nebyla zjištěna průkaznost.

V pokusu CLASSENA et al. (1985), kteří krmili také bezpluchý ječmen byl přírůstek u kuřat krmených pokusným ječmenem nižší, než u kuřat krmených pšenicí. Autoři zkoušeli přidat do diety pokusným kuřatům i celulózu, antibiotika či zrna ozářit gamma zářením, a v tomto případě došlo ke zvýšení přírůstků, a také ke zvýšenému vstřebávání tuku a škrobu v porovnání s neošetřenou dietou.

Tabulka 11: Průměrný denní přírůstek v porovnání s cílem užítkovosti ROSS 308 (g) (ANONYM, 2014b)

	Ječmen 60 %	Ječmen 30 %	Kontrola 60 %	Kontrola 30 %	Cíl užítkovosti
Ks	20	20	20	20	
Dny vážení	průměr	průměr	průměr	průměr	průměr
23. den	75,0	80,6	81,4	77,6	83,0
26. den	87,4	92,5	92,6	88,3	91,0
29. den	89,8	95,1	94,8	90,8	97,0
32. den	103,5	105,5	104,8	100,6	101,0
35. den	105,9	107,8	104,2	103,1	104,0
38. den	102,5	108,6	97,7	108,8	106,0
41. den	136,7	140,5	128,8	127,9	106,0

Průměrné hmotnosti kohoutků od 20. do 41. dne věku jsou zaznamenány v tabulce 12. Na konci výkrmu dosahovala nejvyšších hodnot pokusná skupina Ječmen 30 %, a to 2957 g na kus. Nejnižší průměrné hmotnosti 2779 g bylo dosaženo u Kontrolní skupiny 30 %. Mezi hodnotami nebyla zjištěna průkaznost.

Tabulka 12: Průměrné hmotnosti kohoutků vážených ve tří denních intervalech od 20. do 41. dne (g)

	Ječmen 60 %	Ječmen 30 %	Kontrola 60 %	Kontrola 30 %
Ks	20	20	20	20
Dny vážení	průměr	průměr	průměr	průměr
20. den	688	765	748	688
23. den	913	1007	992	921
26. den	1175	1284	1270	1186
29. den	1444	1569	1555	1458
32. den	1755	1886	1869	1760
35. den	2072	2209	2182	2069
38. den	2380	2535	2475	2396
41. den	2790	2957	2861	2779

Hodnoty výtěžností jatečně upraveného těla jsou uvedeny v Tabulce 13. Při hodnocení jatečně upraveného těla jsme zjistili nejvyšší hodnoty u pokusné skupiny

Ječmen 60 %, a to v průměru 71,43 %. Nejnižší hodnoty byly zjištěny v kontrolní skupině s 60 % pšenice. Výtěžnost u této skupiny byla v průměru 69,35 %. Mezi hodnotami nebyla zjištěna průkaznost. Naše hodnoty však nedosahovaly požadovaných hodnot uvedených v cíli užítkovosti ROSS 308 (ANONYM, 2014b).

Tabulka 13: Výtěžnost jatečně upraveného těla (JUT) v %

Výtěžnost jatečně upraveného těla				
krmné směsi	Ks	Průměr		Směrodatná odchylka
celkem	80	70,48	±	1,658
Ječmen 60 %	20	71,43	±	1,257
Ječmen 30 %	20	70,73	±	0,476
Kontrola 60 %	20	69,35	±	2,022
Kontrola 30 %	20	70,39	±	2,088

S nejvyšší hodnotou jatečně upraveného těla u pokusné skupiny Ječmen 60 % korespondovala i výtěžnost prsní a stehenní svaloviny, jejichž hodnoty jsou uvedeny Tabulkách 14 a 15. Ve skupině Ječmen 60 % jsme zjistili výtěžnost prsní svaloviny $23,28 \pm 1,15$ % a stehenní svaloviny $16,21 \pm 0,65$ %. Nejnižší hodnoty výtěžnosti prsní svaloviny $21,11 \pm 1,71$ % byly zjištěny u kontrolní skupiny s 60 % pšenice. Výtěžnost stehenní svaloviny byla u této skupiny $14,57 \pm 0,24$ %. U pokusné skupiny Ječmen 30 % a Kontrola 30 % dosahovaly výtěžnosti prsní a stehenní svaloviny zhruba stejných výsledků. Při porovnání s cílem užítkovosti ROSS 308 (ANONYM, 2014b) jsme však dosahovali vyšších hodnot. U výsledků nebyla zjištěna statistická průkaznost.

Tabulka 14: Výtěžnost prsní svaloviny v %

Výtěžnost prsní svaloviny				
krmné směsi	Ks	Průměr		Směrodatná odchylka
celkem	80	22,17	±	1,54
Ječmen 60 %	20	23,28	±	1,15
Ječmen 30 %	20	22,06	±	1,29
Kontrola 60 %	20	21,11	±	1,71
Kontrola 30 %	20	22,22	±	1,55

Tabulka 15: Výtěžnost stehenní svaloviny v %

Výtěžnost stehenní svaloviny				
krmné směsi	Ks	Průměr		Směrodatná odchylka
celkem	80	15,18	±	1,353
Ječmen 60 %	20	16,21	±	0,659
Ječmen 30 %	20	14,61	±	2,333
Kontrola 60 %	20	14,57	±	0,243
Kontrola 30 %	20	15,33	±	0,735

6 ZÁVĚR

V diplomové práci jsme hodnotili vhodnost zařazení bezpluchého ječmene KM1057-1906 se sníženým obsahem vlákniny a sníženým obsahem β -glukanů. Dieta byla předkládána pokusným brojlerovým kohoutkům hybridní kombinace ROSS 308. Vliv zkrmování tohoto typu ječmene nemá průkazný vliv ($P > 0,05$) na spotřebu krmiva, konverzi krmiva, na hmotnost a přírůstky kuřat, ani na jatečnou výtěžnost vykrmovaných kuřat v porovnání s krmením kontrolní diety s podílem pšenice. V pokuse bylo zjištěno, že zařazení bezpluchého ječmene v podílu 30 % má nejlepší konverzi a nejvyšší přírůstky v porovnání s kontrolními pšenicemi i v porovnání s ječmenem zařazeným do diety ve výši 60 %. Co se však výtěžnosti týče, vůbec nejlépe z pokusu vyšel bezpluchý ječmen s 60 % v pokusné směsi.

Přestože se ječmen ve výživě drůbeže tradičně nepoužívá zejména pro obsah neškrobových polysacharidů, možným řešením by bylo zařazení bezpluchých typů. Tyto ječmeny však nevynikají tak vysokými výnosy jako pluchaté odrůdy, proto by jejich zařazení do krmných směsí mohlo být ekonomicky náročnější. Možnou oblastí, kde by z ekonomického hlediska mělo smysl tyto odrůdy zařadit, je ekologické zemědělství.

7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ALI, N., PAUL, S., GAYEN, D., SARKAR, S. N., DATTA, K. *Development of Low Phytate Rice by RNAi Mediated Seed-Specific Silencing of Inositol 1,3,4,5,6-Pentakisphosphate 2-Kinase Gene (IPK1)*. PLoS ONE, 2013, 8(7): e68161, doi:10.1371/journal.pone.0068161.

ANONYM. *Broiler: Management Handbook*. In: An Aviagen Brand: ROSS [online]. 2014a, [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: http://en.aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/Ross-Broiler-Handbook-2014i-EN.pdf

ANONYM. *Ross 308 brojler: Cíle užítkovosti*. [online].2014b, s. 12 [cit. 2015-04-04]. Dostupné z:http://en.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Czech_TechDocs/Ross-308-Broiler-PO-2014-CZ.pdf

BAAS, Tn. C., THACKER, P. A. *Impact of gastric pH on dietary enzyme activity and survivability in swine fed β -glucanase supplemented diets*. Can. J. Anim. Sci., 1996, 76, s. 245-252.

BAIDOO, S. K., LIU-YG. *Hull-less barley for swine: ileal and faecal digestibility of proximate nutrients, amino acids and non-starch polysaccharides*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1998, 76: 397-403.

BAIK, B. K., ULLRICH, S. E. *Barley for food: characteristics, improvement, and renewed interest*. J. Cereal Sci., 2008, 48: 233-242.

BALOUNOVÁ, M., VACULOVÁ, K., SEDLÁČKOVÁ, I., AGROTEST FYTO, s.r.o. *Prebreeding nových genetických zdrojů ječmene jarního se zlepšenou potravinářskou a krmnou kvalitou*. Obilnářské listy [online]. XX. ročník, 3/2012, 2012, s. 59-62 [cit. 2015-04-17]. Dostupné z: <http://www.vukrom.cz/obilnarske-listy/obsah/3-2012/59-62>

BASAŘOVÁ, G., ČEPIČKA, J. *Sladařství a pivovarství*, SNTL, Praha. 1986, 256 s. 05-080-86.

- BEHALL, K. M., SCHOLFIELD, D. J., HALLFRISCH, J. *Diets containing barley significantly reduce lipids in mildly hypercholesterolemic men and women.* Am. J. Clin. Nutr., 2004, 80(5): 1185-1193.
- BELCREDIOVÁ, N., EHRENBERGEROVÁ, J., PRÝMA, J., HAVLOVÁ, P. *Stanovení aktivity enzymu superoxoddismutasy pomocí Soupravy Ransod v rostlinném materiálu.* Chemické listy 101 (6), 2007, s. 504-508.
- BELL, J. M., SHIRES, A., KEITH, M. O. *Effect of hull and protein contents of barley on protein and energy digestibility and feeding value for pigs.* Can. J. Anim. Sci., 1983, 63: 201-211.
- BHATTY, R. S. *The potential of Hull-less Barley – A review.* Cereal Chem., 1986, 63(2): 97-103.
- BHATTY, R. S. *β -Glucan content and viscosities of barley and their roller-milled flour and bran products.* Cereal Chem., 1992, 69: 469-471.
- BHATTY, R. S., CHRISTINSON, G. I., SOSULSKI, F. W., HARVEY, B. L., HUGHES, G. R., BERDAHL, J. D. *Relationship of various physical and chemical characters to digestible energy in wheat and barley.* Can. J. Anim. Sci. 1974, 54: 419-427.
- BOROS, D., REK CIEPLY, B., CYRAN, M. *A note on the composition and nutritional value of hullless barley.* Journal of Animal and Feed Sciences, 1996, 5: 417-424.
- BREGITZER, P., RABOY, V. *Effects of four independent low-phytate mutations in barley (*Hordeum vulgare* L.) on seed phosphorus characteristics and malting quality.* Cereal Chem., 2006, 83(5): 460-464.
- BREGITZER, P., RABOY, V., OBERT, D. E. *Registration of LP1 - 2581, LP12163H, LP3 - 1159, and LP6 40-1304 low-phytate spring barley germplasm lines.* J. Plant Regist., 2010, 4(3): 228-231.

BRENES, A. *Effect of beta-glucanase/pentosanase enzyme supplementation on the performance of chickens and laying hens fed wheat, barley, naked oats and rye diets.* Can. J. Anim. Sci., 73, 1993, s. 941-951.

BYRTUSOVÁ, L., MLÉNSKÁ, K., MALINOVSKÁ, P. *Krmné obilniny, luštěniny a olejniny - charakteristika a využití.* Mendelova zemědělská a lesnická univerzita [online]. 2005, s. 20 [cit. 2015-04-04]. Dostupné z: https://is.mendelu.cz/dok_server/slozka.pl?id=48974;download_pdf=71011

CAVALLERO, A., GIANINETTI, A., FINOCCHIARO, F., DELOGU, G., STANCA, A. M. *Tocols in hull-less and hulled barley genotypes grown in contrasting environments.* Journal of Cereal Science, 2004, 39(2):175-180.

CLASSEN, H. L., CAMPBELL, G. L., ROSSNAGEL, B. G., BHATTY, R., REICHERT, R. D. *Studies on the use of hullless barley in chick diets: deleterious effect and methods of alleviation.* Can. J. Anim. Sci. 65: 725 – 733.

DICKIN, E., STEELE, K., FROST, G., EDWARDS-JONES, G., WRIGHT, D. *Effect of genotype, environment and agronomic management on β -glucan concentration of naked barley grain intended for health food use.* Journal of Cereal Science, 2011, 54(1): 44-52.

DIERICK, N., DECUYPERE, J. *Mode of action of exogenous enzymes in growing pig nutrition.* Pig News Inform., 17, 1996, s. 41N-48N.

DRITZ, S. S. *Influence of dietary β -glucan on growth performance, nonspecific immunity, and resistance to *Streptococcus suis* infection in weanling pigs.* J. Anim. Sci., 73, 1995, s. 3341-3350.

EHRENBERGEROVÁ, J., BŘEZINOVÁ-BELCREDI, N., PRÝMA, J., VACULOVÁ, K., NEWMAN, C. W. *Effect of Cultivar, Year Grown, and Cropping System on the Content of Tocopherols and Tocotrienols in Grains of Hulled and Hullless Barley.* Plant Foods for Human Nutrition 61 (3), 2006b, s. 145-150.

EHRENBERGEROVÁ, J., BELCREDIOVÁ, N., HAVLOVÁ, P., VACULOVÁ, K. *Vlivy působící na obsah neškrobových polysacharidů v zrně jarního ječmene*. Chem. Listy, 2006a, 100: 841.

EHRENBERGEROVÁ, J., VACULOVÁ, K., PRÝMA, J., NĚMEJC, R. *Bezpluchý ječmen - zdroj nutričně cenných látek*. Sborník z 30. konference České společnosti chemické OS ard. A potr. Chemii, Skalský Dvůr, 1999.

EL KHOURY, D., CUDA, C., LUHOVYY, B. L., ANDERSON, G. H. *Beta-glucan: health benefits in obesity and metabolic syndrome*. J. Nutr. Metab., 2012: 1-28.

GUTTIERI, M., BOWEN, D., DORSCH, J. A., RABOY, V., SOUZA, E. *Identification and characterization of a low phytic acid wheat*. Crop Sci., 2004, 44(2): 418-424.

HANG, A., OBERT, D., GIRONELLA, A. I. N., BURTON, C. S. *Barley amylose and β -glucan: Their relationships to protein, agronomic traits, and environmental factors*. Crop Sci., 2007, 47(4): 1754-1760.

CHALKER-SCOTT, L., KRAHMER, R. L. *Microscopic studies of tannin formation and distribution in plant tissues*. 1989, In: Hemmingway, R. W., KARCHESY, J. J., BRAUHAM, S. J. (eds.): *Chemistry and significance of condensed tannins*, N. Y., London, Plenum Press: 345-368.

CHEN, J., RAYMOND, K. *Beta-glucans in the treatment of diabetes and associated cardiovascular risks*. Vasc. Health Risk Manag., 2008, 4(6): 1265-1272.

CHEN, S., LI, H., LIU, G. *Progress of vitamin E metabolic engineering in plants*. Transgenic Research, 2006, 15: 655-665.

IZYDORCZYK, M. S., LAGASSE, S. L., HATCHER, D. W., DEXTER, J. E., ROSSNAGEL, B. G. *The enrichment of Asian nobles with fibre-rich fractions derived from roller milling of hull-less barley*. Journal of the Science and Food Agriculture, 2005, 85(12): 2094-2104.

JEROCH, H., DÄICKE, S. *Barley in poultry feeding. a review.* World's Poultry Sci. J., 51, 1995, s. 271-291.

JUST, A. *The influence of crude fiber from cereals on the net energy value of diets for growth in pigs.* Livest. Prod. Sci., 1982, 9: 569-580.

KALACĚ, P., MÍKA, V. *Přirozené škodlivé látky v rostlinných krmivech.* ÚZPI Praha, 1997, 316 s.

KAOMA, C. *Effect of different enzyme preparations on growth rate and feed efficiency in broilers fed on mas hor pelleted barley-containing diets.* Živoč. Vyr., 40, 1995, s. 411-415.

KAOMA, C. *Estimation of the level of enzyme preparation required to obtain optimum nutrient utilization and growth performance in young broiler chicks fed on barley diets.* Živoč. Vyr., 1996, 41, s. 9-14.

KOLEKTIV *Ideotypy pšenice, ječmene a kukuřice do roku 2000.* ČAZV Praha, 1976, 248 s.

KONVALINA, P. *Netradiční obilniny v ekozemědělství.* Zemědělec: Ekologické zemědělství. 2011, 39/2011. Dostupné z: <http://orgprints.org/24851/1/zm39strana21.pdf>

KONVALINA, P., MOUDRÝ, J., JANOVSÁ, D., KÁŠ, M. *Opomíjené obilniny a pseudoobilniny.* Zemědělec: Ekologické zemědělství. 17/2013. 2013, Dostupné z: <http://orgprints.org/24902/1/opom%C3%ADjen%C3%A9.pdf>

KOSAŘ, K., PROCHÁZKA, S. *Technologie výroby sladu a piva.* 1. vyd. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, 2000, 398 s. ISBN 80-902658-6-3.

KUDRNA, V. *Zušlechtění krmiv, podmínky jejich bezpečnosti a produkční účinnosti.* Vědecký výbor výživy zvířat. 2004, Dostupný z: <http://www.vuzv.cz/vyziva/studie12.doc> (citováno dne 26.02.2015)

LEE, J. M., JOUNG, H., LI, S. J., PAIK, H. Y. *Strategies to reduce phytate content in the Korean Diet.* International Journal of Human Ecology, 2003, 4(1): 25-34.

LIND, T., LONNERDAL, B., PERSSON, L. A., STENLUND, H., TENNEFORS, C., HERNELL, O. *Effect of weaning cereals with different phytate contents on hemoglobin, iron stores, and serum zinc: a randomized intervention in infants from 6 to 12 mo of age.* Am. J. Clin. Nutr., 2003, 78(1): 168-175.

LIU, K. S., MOREAU, R. A. *Concentrations of functional lipids in abraded fractions of hullless barley and effect of storage.* Journal of Food Science, 2008, 73(8): 569-576.

MACGREGOR, A. W., FINCHER, G. B. *Carbohydrates of the Barely Grain*, s. 73-130. In: MACGREGOR A. W., BHATTY, R. S. (eds.): *Barley Chemistry and Technology*, American Association of Cereal Chemists, Inc., Minnesota, 1993, 486 s.

MANARY, M. J., HOTZ, C., KREBS, N. F., GIBSON, R. S., WESTCOTT, J. E., ARNOLD, T., BROADHEAD, R. L., HAMBIDGE, K. M. *Dietary phytate reduction improves zinc absorption in Malawian children recovering from tuberculosis but not in well children.* J. Nutr., 2000, 130(12): 2959-64.

MAREK, J., SPLÍTEK, M. *Účinek celulózy plísně Trichoderma viride na užítkovost masných kuřat krměných směsmi s vyšším obsahem vlákniny.* Živoč. Výr., 1990, 35, s. 1069-1075.

MAROUNEK, M. *Význam kyseliny fytové ve výživě zvířat a lidí a důsledky její přítomnosti v krmivech a potravinách.* Vědecký výbor výživy zvířat VÚŽV Praha – Uhřetěves, 2004, 31 s.

MARQUARDT, R. R. *The nutritive value of barley, rye, wheat and corn for young chicks as affected by use of a Trichoderma reesei enzyme preparation.* Anim. Feed Sci. Technol. 45, 1994, s. 363-378.

MAYER, A. M. *Polyphenol oxidases in plants and fungi: Going places? A review.* Phytochemistry, 2006, 67(21): 2318-2331.

MAZARIEGOS, M., HAMBIDGE, K. M., KREBS, N. F., WESTCOTT, J. E., LEI, S., GRUNWALD, G. K. *Zinc absorption in Guataemalan schoolchildren fed normal or low-phytate maize*. Am. J. Clin. Nutr., 2006, 83(1): 59-64.

McMURROUGH, I., LOUGHREY, M. J., HENNIGAN, G. P. *Content of (+)catechin and proanthocyanidins in barely and malt grain*. J. Sci. Food Agric., 1983, 34: 62-72.

MEIXNER, F. *Enzymy ve výživě drůbeže*. In: Náš chov [online]. 2000a, [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: <http://naschov.cz/enzymy-ve-vyzive-drubeze/>

MEIXNER, F. *Enzymy ve výživě prasat*. In: Náš chov [online]. 2000b, [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: <http://naschov.cz/enzymy-ve-vyzive-prasat/>

MENDOZA, C., VITERI, F. E., LONNERDAL, B., YOUNG, K. A., RABOY, V., BROWN, K. H. *Effect of genetically modified, low-phytic acid maize on absorption of iron from tortillas*. Am. J. Clin. Nutr., 1998, 68(5): 1123-1127. Erratum in: Am. J. Clin. Nutr., 1999 Apr, 69 (4):743.

NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 1048/2012 ze dne 8. listopadu 2012 o schválení zdravotního tvrzení při označování potravin, jež se týká snížení rizika onemocnění. 2012.

NEWMAN, R. K., NEWMAN, C. W., GRAHAM, H. *The hypocholesterolemic function of barley beta-glucans*. Cereal Foods World 34, 1989, s. 883-886.

OBERLEAS, D. *Phytates*. In: *Toxicants occuring naturally in foods*. Natl. Acad. Press, Washington, D.C., 1989, 393-371

PRUGAR, J. *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí*. 1. vyd. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, 2008, 327 s., ISBN 978-80-86576-28-2.

SAISHO, D., PURUGGANAN, M. D. *Molecular phylogeography of domesticated barley tracen expansion of agriculture in the Old World*. Genetics 177, 2007, 1765-1776.

SALOBIR, J. *The effect of enzyme preparation Polizyme-BX on the performance and intestinal viscosity of broiler chickens fed wheat and maize/wheat based diets.* Krmiva, Zagreb, 37, 1995, s. 323-328.

SHIMIZU, C., KIHARA, M., AOE, S., ARAKI, S., ITO, K., HAYASHI, K., WATARI, J., SAKATA, Y., IKEGAMI, S. *Effect of high β -glucan barley on serum cholesterol concentrations and visceral fat area in Japanese men - A randomized, doubleblinded, placebo-controlled trial.* Plant Foods Hum. Nutr., 2008, 63(1): 21-25.

SMITS, C. H. M., ANNISON, G. *Non-starch polysaccharides in broiler nutrition – towards a physiologically valid approach to their determination.* World's Poultry Sci. J., 52, 1996, s. 203-221.

SWATSON, J. S., ELLIS, R. P. *Genetics and Breeding of Malt Quality Attributes*, pp. 85-114. In: SLAFER, G. A., MOLINA-CANO, J. L., SAVIN, R., ARAUS, J. L., ROMAGOSA, I. (eds.): *Barley Science: Recent Advances from Molecular Biology to Agronomy of Yield and Quality.* Food Products Press, New York, 2002, 569 p.

TAKETA, S., KIKUCHI, S., AWAYAMA, T., YAMAMOTO, S., ICHI, M., KAWASAKI, S. *Monophyletic origin of naked barley inferred from molecular analyses of a marker closely linked to the naked caryopsis gene (*nud*).* Theor. Appl. Gen., 2004, 108: 1236-1242.

TRABER, M. G., PACKER, L. *Vitamin E: beyond antioxidant function.* Am. J. Clin. Nutr., 1995, 62:1501S-1509S.

VACULOVÁ, K. *Ječmen (*Hordeum L.*) bezpluchý.* Výživa a potraviny, 4, 1999, 108-110.

VACULOVÁ, K. *Metodika pregreedingu ječmene jarního s diferencovaným obsahem přirozených škodlivých látek v zrně pro šlechtění odrůd nesladovnického typu: certifikovaná metodika.* 1. vyd. Kroměříž: Agrotest fyto, 2011, 46 s. ISBN 978-80-904594-9-6.

VELÍŠEK, J. *Chemie potravin*, OSSIS Tábor, 1. sv., 2002a, 331 str., ISBN 80-86659-00-3

WAGHORN, G. C., SHELTON, I. D., McNABB, W. C. *Effects of condensed tannins in Lotus pedunculatus on its nutritive value for sheep*. 1. Non-nitrogenous aspects. J. Agric. Sci., 123, 1994, s. 99-108.

WILLCOX, G. *The distribution, natural habitats and availability of wild cereals in relation to their domestications in the Near East: multiple events, multiple centres*. Vegetation History and Archaeobotany 14, 2005, 534-541.

YALCIN, E., CELIK, S., AKAR, T., SAYIM, I., KOKSEL, H. *Effects of genotype and environment on beta-glucan and dietary fibre contents of hull-less barleys grown in Turkey*. Food Chem., 2007, 101(1): 171-176.

ZEMAN, L., PUTSCHÖGLOVÁ, J., PAVLOVCOVÁ, M. *Význam fosforu, jeho stravitelnost a použití fytáz*. Krmivářství, 1997, s. 31-32.

ZIMOLKA, J. *Ječmen - formy a užitkové směry v České republice*. 1. vyd. Praha: Profi Press, 2006, 200 s. ISBN 80-867-2618-5.

8 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Chemické složení obilky ječmene (ZIMOLKA, 2006).....	16
Tabulka 2: Obsah vitamínů B v zrně ječmene a v moukách při různém stupni rozmělnění (ZIMOLKA, 2006)	18
Tabulka 3: Obsah neškrobových polysacharidů v pšenici a ječmenu (% suš.) (KALACĀ a MÍKA, 1997)	19
Tabulka 4: Obsah složek celkové a rozpustné vlákniny v zrně obilovin v % (PRUGAR et al., 2008)	25
Tabulka 5: Požadavky na teplotu ve stáji (ANONYM, 2014b).....	36
Tabulka 6: Složení experimentálních krmných směsí	37
Tabulka 7: Živinové složení krmných směsí	38
Tabulka 8: Obsah β -glukanů a kolorimetrický test.....	38
Tabulka 9: Průměrná spotřeba krmiva na kus a den během výkrmu (g)	41
Tabulka 10: Celková konverze krmiva během výkrmu	43
Tabulka 11: Průměrný denní přírůstek v porovnání s cílem užítkovosti ROSS 308 (g) (ANONYM, 2014b).....	45
Tabulka 12: Průměrné hmotnosti kohoutků vážených ve tří denních intervalech od 20. do 41. dne (g).....	45
Tabulka 13: Výtěžnost jatečně upraveného těla (JUT) v %	46
Tabulka 14: Výtěžnost prsní svaloviny v %	46
Tabulka 15: Výtěžnost stehenní svaloviny v %	47

9 SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Průměrná denní spotřeba krmiva na kus a den v porovnání s cílem užítkovosti ROSS 308

(g)..... 42