



SPOLEČNOST MLADÝCH AGRÁRNÍKŮ
ČESKÉ REPUBLIKY

**MODERNÍ POZNATKY VE
VÝŽIVĚ HOSPODÁŘSKÝCH A
DOMÁCÍCH ZVÍŘAT
12/015/1310b/164/000099**

**ALTERNATIVNÍ KRMIVA
PRO DRŮBEŽ**

Ing. Šárka Hošková, Ph.D.



PROGRAM ROZVOJE VENKOVA

Evropský zemědělský fond pro rozvoj venkova: Evropa investuje do venkovských oblastí

OBSAH



ÚVOD	3
Současný stav produkce drůbežího masa	5
Produkce drůbežího masa u nás a ve světě	5
Ekonomika produkce jatečné drůbeže	6
Technologie výroby bioetanolu a lihovarských výpalků	8
Lihovarské výpalky jako krmivo	13
Obsah živin a použitelnost DDGS pro drůbež	15
Využití DDGS ve výživě brojlerů	26
Využití DDGS ve výživě nosnic	30
Využití DDGS ve výživě krůt	31

ÚVOD

V roce 2003 byla přijata směrnice Evropského parlamentu a rady č. 2003/30/EC ze dne 8.5.2003 o podpoře užívání biopaliv nebo jiných obnovitelných pohonných hmot v dopravě, ve které se uvádí, že přírodní zdroje zahrnující ropu, zemní plyn a pevná paliva jsou hlavním zdrojem energie, avšak tvoří zároveň hlavní zdroje emisí oxidu uhličitého. Existuje však možnost využívat biomasu vhodnou k výrobě biopaliv ze zemědělských a lesnických produktů, jakož i ze zbytků a odpadů v lesnictví a lesnického a potravinářského průmyslu. Dále směrnice uvádí, že odvětví dopravy představuje více než 30 % konečné spotřeby energie ve Společenství a tato spotřeba se stále zvyšuje. Zvýšená spotřeba biopaliv v dopravě je jedním z prostředků, jimiž Společenství může snížit svou závislost na dovážené energii. Pro účely této směrnice se rozumí: „biopalivem“ kapalná nebo plynná pohonná hmota pro dopravu vyráběná z biomasy; „biomasou“ výsledek biologického rozkladu produktů, odpadů a zbytků ze zemědělství (včetně rostlinných a živočišných látek), z lesnictví a s nimi příbuzných průmyslových oborů, jakož i výsledek biologického rozkladu průmyslových a městských odpadů. Cílová hodnota byla 5,75 % biopaliv v pohonných hmotách v roce 2010.

V dubnu 2009 Evropská komise schválila další směrnici 2009/28 EC, ve které byl definován cíl dosáhnout 20% podílu obnovitelných zdrojů na celkové spotřebě energie a závazný minimální cíl pro podíl biopaliv v dopravním sektoru 10 % pro všechny členské státy.

Přimíchávání biolihu do pohonných hmot není zcela novou záležitostí, na našem území se zemědělský líh využíval jako palivo již v době první a druhé světové války, kdy jako výchozí surovina v lihovarech převládaly brambory. Do roku 1932 bylo u nás používáno palivo dynakol složené z 50 % bioetanolu, 30 % benzenu a 20 % benzinu. V letech 1926 až

1936 bylo v Československu dokonce zavedeno ze zákona povinné mísení 20 % bezvodého etanolu s benzinem.

Technologie výroby bioetanolu se zaměřuje na co nejjednodušší získání produktu z hlavní suroviny, získávají se 3 hlavní produkty – líh, výpalky a oxid uhličitý. Spolu s narůstající produkcí biolihu neodmyslitelně narůstá i objem vedlejšího produktu – výpalků. Na výpalky můžeme pohlížet jako na problematický odpad z pohledu možné ekologické zátěže, který je ideální živnou půdou pro pomnožování mikroorganismů a kterého by se musely lihovary nákladně zbavovat. Je proto důležité hledat efektivní cesty k využití tohoto vedlejšího produktu. Výrobci bioetanolu preferují zpracování výpalků na bílkovinné krmivo pro hospodářská zvířata. Výpalky se dále mohou spalovat, hodí se také jako pojivo při výrobě stavebnin, jako hnojivo či jako surovina pro výrobu kyanidů, glycerolu a dalších látek.

Již z dřívějších dob je známé zkrmování výpalků skotu v čerstvém (tekutém) stavu. Sušení výpalků však rozšiřuje možnosti jejich zkrmování i pro další druhy hospodářských zvířat, především pro drůbež a prasata, v jejichž krmných dávkách by výpalky mohly nahrazovat část sójového extrahovaného šrotu, který je jako dovozová surovina poměrně drahý a také problematický z hlediska geneticky modifikovaných organismů.

Současný stav produkce drůbežího masa

Odvětví produkce drůbežího masa je vystaveno velkému konkurenčnímu tlaku, který nastal liberalizací zahraničního obchodu, kdy bylo od 1. 5. 2004 zcela zrušeno uplatňování dovozních cel v rámci obchodu mezi jednotlivými členskými státy. Důsledkem jsou zvyšující se dovozy a záporné saldo zahraničního obchodu. Chovatelé drůbeže se rovněž musí potýkat s výrazným kolísáním cen. Konkurenční tlak, kterému jsou čeští chovatelé drůbeže vystaveni, vytváří tlak na co nejnižší ceny, jak zemědělských výrobců, tak na ceny průmyslových výrobců a na ceny spotřebitelské (SITUAČNÍ A VÝHLEDOVÁ ZPRÁVA VEPŘOVÉ MASO, DRŮBEŽ A VEJCE, 2011).

Produkce drůbežího masa u nás a ve světě

Početní stavy drůbeže, která je významným konzumentem obilí, se v uplynulém období v ČR zvyšovaly a produkce rostla v návaznosti na stoupající spotřebu. Produkce a spotřeba drůbežího masa ve vybraných zemích je uvedena v Tab. I, II a III. Od vstupu ČR do EU jsou čeští producenti vystaveni zostřené konkurenci na jednotném trhu, kde se drůbeží maso řadí ke komoditám, u kterých je rovnováha na trhu udržována pouze prostřednictvím hospodářské soutěže bez významnějších intervenčních zásahů. Předpokládá se také růst dovozů, a naším požadavkem je, aby maso dovážené do EU ze třetích zemí bylo vyráběno ve stejných podmínkách při respektování bezpečnosti krmiv a potravin, draví zvířat a jejich dobrých životních podmínek a minimalizování poškozování životního prostředí při výrobě.

Vstupem ČR do EU došlo k uplatnění stejných dovozních a vývozních podmínek v rámci členských zemí a poklesly dovozy z některých třetích zemí, např. Brazílie. Zůstává tradičně významný vzájemný obchod se Slovenskem, Německem, Nizozemskem a Maďarskem. Nejvyšší dovoz drůbežího masa je však z Polska. Je zapotřebí zmínit, že

v Polsku technologické vybavení závodů vždy neumožňuje chlazení masa vzduchem a často je chlazená drůbež ve vodě. Tento způsob je méně hygienický a konečný produkt vždy obsahuje vyšší procento vody než je tomu při chlazení vzduchem. Čeští zpracovatelé produkují drůbeží maso na strojích a zařízeních světové úrovně a veškerá drůbež je u nás chlazená vzduchem. Nesrovnatelný je také rozsah podpor a další podmínky podnikání v zemědělství a v potravinářském průmyslu v Polsku a v ČR (MATES, 2010).

Ekonomika produkce jatečné drůbeže

Jednou z příčin sestupné tendence produkce jatečných zvířat a masa v ČR v posledních letech jsou neuspokojivé ekonomické výsledky. Důsledkem je snížení soběstačnosti ve výrobě hlavních druhů masa pod 100 % (drůbeží a hovězí kolem 75 %, vepřové 67 % a skopové 60 %). Stejně jako u dalších druhů a kategorií jatečných zvířat jsou i při výkrmu kuřat nejvyššími položkami náklady na krmiva (70 až 75 %) a mzdy (7 až 8 %). Při poklesu nákladů a cen jatečných kuřat mezi roky 2001 a 2009 kolísá míra rentability v průměru kolem nuly (+ 7,3 až – 3,9 %) jak je uvedeno v Tab. IV (KVAPILÍK a BOUDNÝ, 2010). Při současném zpracování drůbeže se využívají moderní technologie s maximální možnou úsporou lidské práce (MATES, 2010). Důležitým zdrojem proteinů ve výživě zvířat je především sója, u které však zaznamenáváme významné kolísání produkce a celosvětových cen. Proto jsme nuceni hledat vhodné alternativy sóji, což mohou být například leguminózy, které jsou bohaté na proteiny i energii a jsou využitelné i v našich podmínkách (SUCHÝ *et al.*, 2009). STRAKOVÁ a SUCHÝ (2007) dosáhli vynikající produkční účinnosti u krmných směsí s přídavkem 10 % lupinového šrotu. Při zkrmování těchto směsí bylo dosaženo vysokého přírůstku živé hmotnosti po celé období výkrmu, vynikající konverze a výborného zdravotního stavu vykrmovaných kuřat. Vedle leguminóz by vhodnou levnější alternativou k sójovému extrahovanému šrotu mohly být také sušené lihovarské výpalky.

Tab. I Produkce drůbežího masa v některých členských zemích EU v tis. tun (MATES, 2010)

Rok	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Francie	2015	1973	1918	1793	1862	1845
Německo	1077	1166	1197	1185	1273	1341
Nizozemsko	534	604	618	617	684	697
Španělsko	1336	1310	1302	1283	1283	1306
Maďarsko	380	384	375	386	376	380
Polsko	851	916	1016	1037	1116	1115
Česká republika	212	217	226	213	202	196

Tab. II Produkce drůbežího masa ve třetích zemích v tis. tun (MATES, 2010)

Rok	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Ukrajina	324	375	497	589	689	-
Japonsko	1250	1255	1280	1370	1360	1380
Thajsko	1302	996	1038	1150	1230	1300
Čína	13135	13237	14055	14286	15042	15800
Brazílie	7905	8723	9681	9707	10700	11471
USA	17225	17925	18539	18680	19090	19574

Tab. III Spotřeba drůbežího masa v kg/osobu/rok (MATES, 2010)

Rok	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Francie	25,3	23,3	23,0	22,6	23,5	24,5
Německo	17,6	17,7	17,5	16,7	17,8	18,8
Nizozemsko	18,6	21,9	22,1	21,9	22,5	22,5
Španělsko	33,1	32,1	32,0	31,0	30,5	30,5
Maďarsko	37,6	37,9	37,7	32,0	32,8	31,7
Polsko	19,7	22,2	23,4	23,7	24,0	23,5
Česká republika	23,8	25,3	26,1	25,9	24,9	24,5

Tab. IV Vývoj a struktura nákladů jatečných kuřat (KVAPILÍK a BOUDNÝ, 2010)

Položka, ukazatel	Jednotka	2001	2004	2008	2010
Krmiva a steliva		665	663	705	594
Pracovní náklady		73	62	62	62
Režie	Kč/1000 KD	63	24	44	40
Ostatní položky		122	134	147	151
Náklady celkem		923	883	958	847
Přírůstek hmotnosti	kg/1000 KD	43,4	48,1	47,7	48,7
Náklady na přírůstek		21,17	18,31	19,95	17,3
Náklady na živou hmotnost		23,97	21,88	24,16	21,51
Nákupní cena	Kč/kg	25,72	21,96	22,64	20,66
Zisk		1,76	0,07	-1,52	-0,85
Míra rentability	%	7,3	0,3	-6,3	-3,9

Technologie výroby bioetanolu a lihovarských výpalků

Výroba bioetanolu se od výroby potravinářského lihu v několika technologických ohledech výrazně odlišuje, a proto se nedá vytvořit rovnocenné konkurenční prostředí pro specializovaný bioetanolový průmysl a klasickou výrobu potravinářského lihu (DIVIŠ, 2004). Produkce alkoholu z kukuřičného zrna zahrnuje fermentaci škrobu na alkohol. Alkohol se pak ze zkvašené zápary odstraňuje destilací. Zbývá řídká kaše obsahuje 5 až 10 % sušiny a nazývá se lihovarské výpalky. V současné době je většina výpalků zpracovávána různými technikami tak, aby bylo odstraněno co nejvíce vody (AINES *et al.*, 1986).

Technologie výroby bioetanolu se zaměřuje na co nejjednodušší získání produktu z hlavní suroviny, získávají se 3 hlavní produkty – etanol, výpalky a oxid uhličitý (ROSENTRATER, 2005; DIVIŠ, 2004).

Celý proces probíhá převážně bez přístupu vzduchu (anaerobně), přičemž provzdušnění kvasného média, hlavně na počátku fermentace, je příznivé pro nárůst buněk a jejich aktivitu.

a) Mletí obilí

Prvním krokem výroby bioetanolu z obilovin je mechanická předúprava (mletí nebo drcení) zrna, které se provádí buď za mokra nebo za sucha (HROMÁDKO *et al.*, 2010). Většinou se využívá jednoduchého rozemletí zrna v kladivovém šrotovníku na částice o velikosti 2 – 0,2 mm (DIVIŠ, 2004). Tímto způsobem se surovina zpřístupní pro působení komplexu enzymů. Odpadem jsou vláknité slupky zrn a stébla (HROMÁDKO *et al.*, 2010).

b) Zcukřování (sacharifikace) zápary

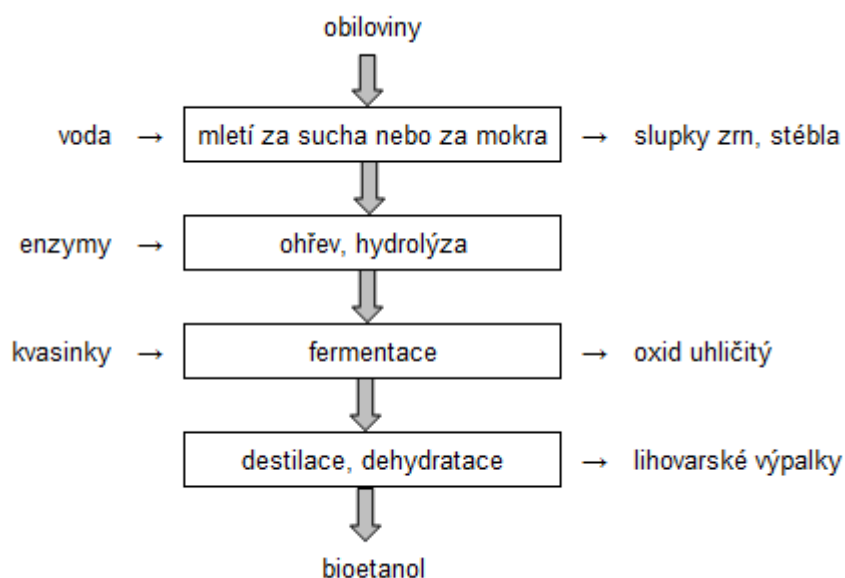
Dochází k přeměně polysacharidů (štěpení škrobu – bobtnání a zmazovatění, ztekucení, sacharifikace) pomocí enzymů (amylázy a glukoamylázy) nebo kyselou hydrolýzou na monosacharidy a k jejich následné fermentaci pomocí kvasinek *Saccharomyces cerevisiae* za vzniku etanolu, oxidu uhličitého a menšího množství vedlejších látek (organické kyseliny, aldehydy, glycerol, ketony, metanol a vyšší alkoholy). V moderních lihovarech může být sacharifikace spojena s fermentačním krokem – takový proces se označuje jako simultánní sacharifikace a fermentace (RENDLEMAN a SHAPOURI, 2008). Uskutečnění souběžného zcukření a fermentace zápary poskytuje mnohé výhody. Jednou z nich je úspora investičních nákladů na pořízení zcukřovacího provozního zařízení, dále pak úspora provozních nákladů spojených se zajištěním provozu zcukřovací stanice. Nejcenějším efektem je odstranění problému limitu koncentrace substrátu na produkční mikroorganismus (inhibice substrátem), a tím značné zrychlení celého procesu konverze škrobu a fermentace (DIVIŠ, 2004).

c) Fermentace

Pro správný průběh kvašení je nutné dodržet vhodné pH (4 - 6) a odpovídající teplotu prostředí (27 - 32 °C). Za hraniční obsah etanolu v kvasící zápaře je považováno 12 - 13 % obj., i když experimentálně bylo dosaženo hodnoty až 24 % obj. (HROMÁDKO *et al.*, 2010). Schematické znázornění postupu při výrobě bioetanolu z obilovin je znázorněno na Obr. 1.

PELIKÁN *et al.* (2004) uvádějí, že lihové kvašení patří mezi kvašení anaerobní, při němž se energie pro život buňky uvolňuje dehydrogenací podle této rovnice:

Obr. 1 Schéma výroby bioetanolu z obilnin (HROMÁDKO *et al.*, 2010)



d) Destilace a dehydratace

Oxid uhličitý se z procesu odvádí, čistí a případně zkapalňuje k dalšímu prodeji. Surový etanol dále prochází procesem koncentrace (destilace). Během destilace dojde

k separaci etanolu z roztoku vody s alkoholem (ZEMAN *et al.*, 2008). První destilační výtěžek obsahuje 95 % etanolu a zbytek je tvořen vodou, což je dáno tím, že etanol s vodou vytváří azeotropní směs, kterou nelze již destilací oddělit. Obsah vody je základním kvalitativním znakem palivového bioetanolu, je nutné provést dehydrataci, kterou se zvýší jeho koncentrace na 99 %. V současné době se k tomuto odvodnění používají molekulární síta (zeolity). Potom následuje denaturace etanolu obvykle benzínem (HROMÁDKO, 2010; RENDLEMAN a SHAPOURI, 2008).

e) Zpracování výpalků

Zásadním problémem ve velkokapacitních lihovarech nebude výroba bezvodého biolihu, ale zpracování lihovarských výpalků, které významně ovlivní ekonomiku celého provozu. Lihovarské výpalky jsou obtížně likvidovatelným odpadem ze zpracování obilovin na bioetanol. V klasické technologii je na 1 m³ etanolu produkováno 10 – 14 m³ řídkých výpalků. Důležitým faktorem je ekonomika zpracování řídkých výpalků. Řada výrobců preferuje jejich zpracování na hodnotné bílkovinné krmivo, které bude konkurenceschopné s dováženými bílkovinnými koncentráty. Další reálnou alternativou se jeví likvidace výpalků anaerobními a aerobními způsoby čištění odpadních vod, při anaerobním zpracování je tvořen bioplyn, který výrazně zlepšuje energetickou bilanci lihovaru. K minimalizaci odpadů lze využít i spalování výpalků nebo jejich využití jako hnojiva. Většina těchto způsobů ale počítá se zahuštěním původních řídkých výpalků, případně s jejich sušením, což jsou procesy energeticky velmi náročné (ŠEBOR *et al.*, 2006).

Výpalky jsou zbytkem zářezů zbavené lihu a obsahují všechny netěkavé složky zářezů. Látkový obsah výpalků nezůstal stejný, neboť část látek prošla četnými enzymatickými změnami a byla využita jako stavební materiál k tvorbě kvasinek (PELIKÁN a kol., 2004).

První krok zpracování zahrnuje třídění a lisování nebo odstředování, aby se odstranily hrubější částčky (otruby, pšeničné klíčky a nerozpustné bílkoviny, které pocházejí ze zrna i z kvasinek), které se potom suší. Tato frakce se označuje jako sušené lihovarské výpalky (dried distillers grains = **DDG**). Tekutá frakce (5 % sušiny), která zůstane po třídění nebo odstředování obsahuje jemné částčky zrna a buňky kvasinek a nazývá se řídké výpalky. Řídké výpalky se většinou odpařují, abychom získali sirup obsahující 30 až 40 % sušiny, který se označuje jako kondenzované lihovarské rozpustné látky (condensed distillers solubles = **CDS**). CDS mohou být dále sušeny na sušené lihovarské rozpustné látky (dried distillers solubles = **DDS**) nebo se můžou přidat zpátky k výpalkům a potom je směs sušena a vytvoří se sušené lihovarské výpalky s rozpustnými látkami (dried distillers grains with solubles = **DDGS**). V případě, že je zrna před fermentací zbaveno klíčků a slupek, vzniká finální produkt s názvem vysokoproteinové sušené lihovarské výpalky s rozpustným podílem (**HP-DDGS**). Tento produkt obsahuje méně tuku a méně vlákniny, ale více bílkovin a v porovnání s konvenčními DDGS. Kukuřičné klíčky odstraněné z kukuřičného zrna mohou být také zkrmovány (BATAL, 2009). Pokud je z DDGS odstraněna vláknina, bývá výsledný produkt označován jako **E-DDGS**. Tento produkt obsahuje v průměru 37 % bílkovin (MARTINEZ-AMEZCUA *et al.*, 2006) a o 10 % neškrobových polysacharidů méně než konvenční DDGS (SOARES *et al.*, 2008).

Dvě třetiny původní sušiny zrna obsahuje škrob. Po fermentaci zůstane ve výpalcích přibližně jedna třetina sušiny. Při fermentačním procesu je odstraněn pouze škrob a ostatní živiny se zkoncentrují. Sušené lihovarské výpalky koncentrují živiny původního zrna přibližně třikrát a jsou velice bohaté na dusíkaté látky, tuk, vlákninu, vitaminy a minerální látky (WEIGEL *et al.*, 1997). Obsah dusíkatých látek se zvýší přibližně z 10 % v původním kukuřičném zrně asi na 27 – 30 % ve výpalcích (vztaženo na sušinu). Nutriční složení vedlejších produktů lihovarského průmyslu avšak závisí na typu, odrůdě a kvalitě použité

suroviny stejně jako na efektivitě přeměny škrobu a na technice zpracování (AINES *et al.*, 1986). Kvalita DDGS je různá, rozdíly v nutriční hodnotě, velikosti částic a barvě jsou způsobené dvěma faktory: rozdílným obsahem živin ve výchozí surovině a použitým technologickým postupem zpracování (NITRAYOVÁ a BRESTENSKÝ, 2009).

Při procesu sušení DDGS je materiál vystavován teplotám okolo 315°C. Uvádí se, že nadměrné zahřátí vede ke snížení využitelnosti aminokyselin, zejména lysinu (LUMPKINS and BATALL, 2005).

Tab. V Kvalitativní ukazatele etanolu jako paliva (SOUČEK, 2006)

Ukazatel	ČSN EN 65 6511
Vzhled	čirý, bez zákalů a sedlin
Obsah etanolu před denaturací	min. 99,7% V/V
Obsah vody	max. 0,39 % V/V
Hustota při 20 °C	min. 791
Obsah etanolu po denaturaci	min. 95,6 % V/V
Obsah volných kyselin	max. 50 mg/le
Odparek	max. 15 mg/le
Obsah denaturačního prostředku	2,0 – 4,0 V/V

Lihovarské výpalky jako krmivo

Cílem EU je zabezpečit do roku 2020 až 20 % svojí spotřeby energie z výroby bioetanolu a bionafty. Z tohoto důvodu je možné očekávat podstatné změny v obchodu s bílkovinnými krmivy. Díky obrovské produkci řepkových šrotů z výroby bionafty (v roce 2010 cca 25 mil. tun v rámci starých států EU) a výpalků (v roce 2010 20 mil. tun hlavně ve Francii, Itálii a Španělsku) by mohlo dojít k utlumení dovozu sóji do Evropy. Podobná situace

je již v US, kde momentálně pracuje 101 zařízení na výrobu bioetanolu s kapacitou 18 mil. m³ a dále se počítá s rozšířením až na 37 mil. m³ (GALLO, 2010).

NEHASILOVÁ (2009) se domnívá, že největší perspektivu a potenciál růstu mají trhy s krmivem v EU a v Asii, zejména v Číně, která sice sama produkuje dostatečné množství DDGS, které se však vyznačují nižším obsahem oleje a nižší energetickou hodnotou v porovnání s výpalky americké provenience. Největšími odběrateli DDGS v Číně jsou chovatelé brojlerů, nosnic a kachen, dále chovatelé dojníc a zájem začali poprvé projevovat i chovatelé prasat (FATKA, 2009).

Používání lihovarských výpalků jako krmiva pro hospodářská zvířata má dlouhou tradici. Dříve se lihovarské výpalky zkrmovaly skotu vždy čerstvé (tekuté a horké). Z důvodu vysokého obsahu vody, vysokých vyskladňovacích teplot a vysoké rozpustnosti enzymů složek buněčné stěny a zbytků kvasinek se čerstvé lihovarské výpalky snadno kazily (NEHASILOVÁ, 2009). Problémem také bylo, že většina lihovarů přerušovala v letním období na dva měsíce práci a sezona se zahajovala až začátkem září. Dnešním problémem je skutečnost, že stavy skotu poklesly tolik, že nestačí zkonzumovat všechny vyprodukované výpalky (ZEMAN *et al.*, 2008).

Dopravovat větší množství produktu obsahujícího vysoké množství vody přímo ke zkrmování, je jak z krmivářsko-hygienického, tak také z ekonomického hlediska problematické. Pokusy silážovat tyto výpalky byly poměrně úspěšné, ale tato metoda se příliš nerozšířila (STEINHÖFEL a ENDELHARDT, 2006). Z těchto důvodů přišly na trh sušené lihovarské výpalky.

SRINIVASAN *et al.* (2009) uvádí, že zařazení 10 nebo 20 % DDGS do krmné směsi zhoršilo kvalitu pelet, ale nemělo to vliv na výkonnost peletovacího zařízení. Což bylo potvrzeno prací LOAR *et al.* (2010), kde kvalita pelet klesala, když bylo do směsi zařazeno 15 a 30 % DDGS ve srovnání s konvenční dietou na bázi kukuřice a sóji. Navíc LOAR *et al.*

(2011) zjistili, že DDGS ve směsi způsobuje zvýšení energetické náročnosti v kondicionéru. Závěrem nedoporučují zařazovat více než 5 až 7 % DDGS do směsi, aby neutrpěla kvalita pelet.

CLEMENS a BABCOCK (2008) hodnotili výsledky krmivářských pokusů se zařazením DDGS do krmných dávek různých hospodářských zvířat. Na základě sumarizovaných výsledků navrhuji jako přiměřené tyto podíly DDGS v krmných dávkách:

- 30 % masný skot a skot ve výkrmu,
- 20 až 25 % dojený skot,
- 20 % prasata,
- 15 % drůbež.

Obsah živin a použitelnost DDGS pro drůbež

Obilné DDGS obsahují všechny živiny ze zrna v koncentrované formě (BABCOCK *et al.*, 2008) kromě většiny škrobu, který byl využit ve fermentačním procesu. Výpalky mohou být bohatým zdrojem dusíkatých látek, aminokyselin, fosforu a dalších živin v drůbežích směsích (SWIATKIEWICZ a KORELESKI, 2008). Ačkoliv obsah živin DDGS je relativně stejný, pokud jsou ze stejného zdroje, hlavní problém v použití DDGS jako krmné komponenty je vysoká variabilita koncentrace živin a kvality mezi různými zdroji DDGS. Tudíž je nezbytné ještě před formulací směsí pro drůbež provádět kompletní analýzu každého zdroje DDGS podle standardizovaných metod (SPIEHS *et al.*, 2002). CROMWELL *et al.* (1993) provedli experiment s devíti druhy DDGS, 7 druhů pocházelo z produkce potravinářského alkoholu a 2 z produkce palivového alkoholu z kukuřice a zjistili toto průměrné složení: sušina 90,5 %, dusíkaté látky 26,9 %, NDF 35,1 %, ADF 14,4 % a popel 4,8 %. Tabulka X uvádí průměrné chemické složení kukuřičných DDGS. ŠEBOR *et al.* (2006) uvádějí živinové složení pšeničných a bramborových výpalků v tabulce XI.

METABOLIZOVATELNÁ ENERGIE DDGS

LUMPKINS *et al.* (2004) uvádí, že TME_N (skutečně metabolizovatelná energie opravená na dusíkovou rovnováhu) ve vzorku DDGS byla 12157 kJ/kg. V pozdější studii byl určen obsah TME_N v 17 rozdílných vzorcích DDGS reprezentujících produkci 6 různých lihovarů. Bylo zjištěno, že obsah TME_N kolísá od 10421 do 13350 kJ/kg a s průměrem 11802 kJ/kg (BATAL a DALE, 2006). FASTINGER *et al.*, (2006) ve své publikaci shrnují, že obsah TME_N v DDGS je průměrně 12015 kJ/kg a má značnou variaci mezi vzorky. PARSONS *et al.* (2006) determinovali průměrnou TME_N dvaceti vzorků DDGS 11982 kJ/kg. STEIN (2009) uvádí, že energie kukuřičných DDGS by neměla kolísat ve vzorcích z lihovarů používajících stejnou technologii a kukuřici, která je pěstována v přibližně stejné oblasti.

Tab. X Chemické složení kukuřičných DDGS z US z let 2006 – 2009 (SALIM *et al.*, 2010)

Živiny	Průměr	Min-Max	CV	n
Vlhkost, %	11,10	8,47 - 14,16	8,92	395
Dusíkaté látky, %	27,15	23,87 - 30,41	3,72	395
Tuk, %	10,67	7,80 - 12,17	6,94	395
Vláknina, %	6,21	5,07 - 10,61	7,25	393
Popel, %	4,54	2,60 - 6,58	10,79	395
Škrob, %	8,12	3,93 - 12,33	16,26	352
Kyselost, %	19,01	12,45 - 57,53	38,72	33
NDF, %	26,75	19,78 - 34,13	11,81	18
ADF, %	8,48	6,27 - 13,40	23,47	18
Ca, %	0,04	0,01 - 0,38	150,00	38
P, %	0,76	0,48 - 0,91	10,53	39
Na, %	0,17	0,04 - 0,33	41,18	23
K, %	0,91	0,76 - 1,20	12,09	23
Cl, %	0,15	0,13 - 0,19	6,67	47
Cu, mg/kg	3,86	2,16 - 6,16	27,98	21

Zn, mg/kg	57,26	44,62 - 71,20	12,84	21
Fe, mg/kg	81,54	61,58 - 116,70	37,45	3
Mn, mg/kg	10,37	6,24 - 18,95	37,61	8
Karoten, mg/kg	8,58	4,64 - 16,97	36,48	16
Xantofyly, mg/kg	36,72	23,26 - 54,40	25,05	16

* CV = koeficient variace, n = počet analyzovaných vzorků

Tab. XI Složení pšeničných a bramborových výpalků (ŠEBOR *et al.*, 2006)

Živiny	Pšenice		Brambory	
	obsah	obsah	obsah	obsah
	(% hm.)	(% hm. v suš.)	(% hm.)	(% hm. v suš.)
Sušina	7,0 – 10,0		5,0 – 7,0	
Dusíkaté látky	3,5 – 4,0	35,0	1,2	21,0
Vláknina	0,7 – 1,5	10,0	0,6	10,5
Lipidy	0,4 – 0,7	6,7	0,1	1,8
Bezdušíkaté látky	4,1 – 5,0	40,0	3,1	55,0
Popel	0,3 – 0,6	6,0	0,7	12,3

Pokud známe přibližné složení DDGS, pak lze určit TME_N na základě analýzy regrese. Například TME_N založená na hodnotě tuku, vlákniny, dusíkatých látek a popele [$TME_N = 2732,7 + 36,4 (\text{tuk}) - 76,3 (\text{vláknina}) + 14,5 (\text{dusíkaté látky}) - 26,2 (\text{popel})$] dává spolehlivost $R^2 = 0,45$ (BATAL a DALE, 2006).

ROBERSON *et al.* (2005) stanovili AME_N (zdánlivě metabolizovatelná energie opravená na dusíkovou rovnováhu) pro nosnice u vzorku DDGS 11592 kJ/kg. Tato hodnota byla o 4 % nižší než hodnota TME_N určená u stejného vzorku DDGS v pokusu s kohouty. Hodnoty AME_N a TME_N kolísají podle obsahu oleje a dusíkatých látek (BATAL a DALE, 2006) a podle stupně světlosti L^* (FASTINGER *et al.*, 2006). Podle NOLLA *et al.* (2007) rozpustné látky obsahují třikrát více oleje než vlhké zrno a obsah TME_N je přímo závislý na podílu přidávaných rozpustných látek během výrobního procesu DDGS. A dochází podle nich k

silné inverzní korelaci mezi stupněm světlosti DDGS a podílem přidaných rozpustných látek, kdy tmavší DDGS mají nižší obsah TME_N . Naopak BABCOCK *et al.*, (2008) se domnívají, že vztah mezi L^* a TME_N není vhodný indikátor obsahu energie v DDGS.

Vysoký obsah tuku v kukuřičných DDGS je spojený s vysokým obsahem brutto energie, ale stravitelnost energie je variabilní a může být ovlivněna obsahem neškrobových polysacharidů (SWIATKIEWICZ a KORELESKI, 2008). Vláknina v kukuřici se během zpracování na ethanol nemění a konečné DDGS obsahují přibližně 35 % nerozpustné a 6 % rozpustné vlákniny. Zdánlivá stravitelnost vlákniny je u nepřežvýkavých zvířat 43,7 % (STEIN a SHURSON, 2009), z čehož vyplývá nízká stravitelnost sušiny. To je také důvod, proč je stravitelná energie DDGS nízká ve srovnání s mnoha jinými krmivy. Proto by měli být výživáři opatrní na obsah vlákniny a zdroje informací pro hodnoty ME u výpalků, když sestavují směsi pro drůbež (ADEOLA a ILELEJI, 2009).

OBSAH A STRAVITELNOST AMINOKYSELIN

Sušené lihovarské výpalky patří mezi bílkovinná krmiva. Zhruba polovina bílkovinné složky výpalků je rostlinného původu (bílkovina obilních zrn) a polovina je tvořena biomasou kvasinek (NEHASILOVÁ, 2009). DALE a BATAL (2005) uvádějí, že obsah dusíkatých látek se v DDGS pohybuje od 24 do 29 %. SALIM *et al.* (2010) hodnotili obsah dusíkatých látek u 395 vzorků kukuřičných DDGS průměrná hodnota byla 27,15 %. Stejně výsledky (23 až 32 %) byly zjištěny i dalšími autory (BATAL and DALE, 2006; FASTINGER *et al.*, 2006).

FIENE *et al.* provedli v roce 2006 experiment s cílem vypočítat obsah esenciálních aminokyselin podle hodnot vlhkosti, dusíkatých látek, tuku a vlákniny. Výsledek shrnují v regresních rovnicích, kde r^2 dosahuje hodnot od 0,31 do 0,87. Některé aminokyseliny jako (isoleucin, leucin, methionin, celkové sirné aminokyseliny, threonin a valin) lze vypočítat přesněji než ostatní (arginin, cystein, lysin a tryptofan). Autoři shrnují, že tato variace

v přesnosti výpočtu se zdá být do značné míry ovlivněna různou konzistencí poměru aminokyselin k proteinu v testovaných vzorcích. Rovnice uvádí tabulka XII.

PARSON *et al.* (1983) provedli 5 pokusů, jejichž cílem bylo zhodnotit proteinovou kvalitu DDGS a shrnuli, že pokud jsou DDGS krmeny rostoucím kuřatům jako jediný zdroj proteinu v dietě, jsou tryptofan a arginin druhou a třetí limitující aminokyselinou hned po lysinu. Informace o celkovém obsahu aminokyselin v DDGS jsou důležité. Pro výživáře je ale důležitější znát stravitelnost u jednotlivých druhů při sestavování směsí. Rozdíly ve zpracování zodpovídají za variabilitu ve výživové hodnotě DDGS (CROMWELL *et al.*, 1993). Teplota je považována za klíčový faktor, který ovlivňuje stravitelnost aminokyselin. Během sušení DDGS je materiál vystaven teplotám od 127 do 620 °C v závislosti na lihovaru. Hlavním problémem při používání DDGS jako krmné komponenty pro nepřežvýkavé je hladina a stravitelnost lysinu kvůli jeho vysoké citlivosti na teplotní poškození (SALIM *et al.*, 2010).

Tab. XII Predikce obsahu esenciálních aminokyselin v DDGS na základě hodnot dusíkatých látek, tuku a vlákniny (FIENE *et al.*, 2006)

Aminokyselina	Rovnice	r^2
Arginin	$Y = 0,07926 + 0,0398 * NL$	0,48
Isoleucin	$Y = -0,23961 + 0,04084 * NL + 0,01227 * T$	0,86
Leucin	$Y = -1,15573 + 0,13082 * NL + 0,06983 * T$	0,86
Lysin	$Y = -0,41534 + 0,04177 * NL + 0,00913 * VL$	0,45
Methionin	$Y = -0,17997 + 0,02167 * NL + 0,01299 * T$	0,78
Cystin	$Y = 0,11159 + 0,01610 * NL + 0,00244 * T$	0,52
Celkové sirné AK	$Y = -0,12987 + 0,03499 * NL + 0,05344 * T - 0,00229 * T^2$	0,76
Threonin	$Y = -0,05630 + 0,03343 * NL + 0,02989 * T - 0,00141 * T^2$	0,87
Tryptofan	$Y = 0,01676 + 0,0073 * NL$	0,31
Valin	$Y = 0,01237 + 0,04731 * NL + 0,00054185 * T^2$	0,81

* NL = dusíkaté látky, T = tuk, VL = vláknina

Stravitelnost většiny aminokyselin obsažených v DDGS je přibližně o 10 % nižší v porovnání s kukuřičným zrnem, což je zřejmě způsobeno větší koncentrací vlákniny v DDGS v porovnání s kukuřicí. S výjimkou lysinu se variabilita stravitelnosti u jednotlivých aminokyselin v různých zdrojích DDGS pohybuje v obdobném rozpětí jako je tomu i u jiných krmných složek (NEHASILOVÁ, 2009). Stravitelnost aminokyselin v pšeničných a čirokových DDGS se blíží hodnotám naměřeným v kukuřičných DDGS (URRIOLA *et al.*, 2009).

SPIEHS *et al.* (2002) hodnotili výživnou hodnotu DDGS pocházejících z 10 nových lihovarů v Minnesotě a Jižní Dakotě a zjistili obsah lysinu a methioninu 0,85 % a 0,55 %. PARSONS *et al.* (2006) publikovali, že se stravitelnost lysinu pohybuje mezi 59 a 84 %. PAHM *et al.* (2009) určili u Leghornky bílé, ve věku 45 týdnů s odstraněnými slepými střevy, průměrnou stravitelnost lysinu 61,4 %, což odpovídá rozpětí, které uvádějí PARSONS *et al.* (2006). ERGUL *et al.* (2003) uvádí obsah stravitelného lysinu v 22 různých vzorcích DDGS průměrně 0,53 % při rozpětí 0,38 až 0,65 %. Také BATALLA a DALE (2006) determinovali průměrnou koncentraci (uvedené v procentech) a koeficienty stravitelnosti stanovené u kohoutků plemene Leghornka bílá (uvedené v závorce) několika nejdůležitějších limitujících aminokyselin v osmi vzorcích DDGS: Lys 0,71 % (70); Met 0,54 % (87); Cys 0,56 % (74); Thr 0,96 % (75); Val 1,33 % (80); Ile 0,97 % (83) a Arg 1,09 % (84). CROMWELL *et al.* uvádějí již v roce 1993 podobné hodnoty koncentrace Lys 0,70 %, Met 0,51 %, Phe 1,45 %, Cys 0,53 %, Leu 3,33 %, Arg 1,06 %, His 0,72 %, Thr 1,01 %, Trp 0,19 % a Ile 1,00 %. Porovnání obsahu vybraných esenciálních aminokyselin v obilí a jeho výpalcích je uvedeno v tabulce XIII.

Tab. XIII Obsah vybraných aminokyselin v obilí a jeho výpalcích v % v sušině (GALLO, 2010)

Obilnina	Esenciální aminokyseliny (% v sušině)				
	Lysin	Methionin	Cystein	Threonin	Tryptofan
Pšenice	0,37	0,21	0,27	0,38	0,15
Pšeničné výpalky	0,77	0,55	0,71	1,11	0,35
Ječmen	0,46	0,19	0,31	0,41	0,14
Ječné výpalky	0,96	0,46	0,30	0,88	0,31
Kukuřice	0,33	0,18	0,24	0,36	0,09
Kukuřičné výpalky	1,08	0,45	0,42	0,55	0,33

VZTAH MEZI SVĚTLOSTÍ DDGS A STRAVITELNOSTÍ AMINOKYSELIN

Existuje také korelace mezi stravitelností Lys, Thr, Arg, His a Trp a žlutostí a světlostí vzorků výpalků (BATAL a DALE, 2006). Obecně čím jsou DDGS žlutější a světlejší, tím mají větší koncentraci a stravitelnost aminokyselin (BATAL a DALE, 2006). Což potvrzují také NITRAYOVÁ *et al.* (2008), kteří zkoumali 4 vzorky sušených lihovarských výpalků (DDGS) a objevili velice úzký vztah mezi intenzitou zabarvení DDGS a využitím dusíku, což ukazuje na termickou degradaci. Rovněž uvádějí, že podle retence dusíku je kvalita bílkovin v DDGS mnohem horší než u směsí obilnin a sójového extrahovaného šrotu. CROMWELL *et al.* (1993) uvádějí, že průměrné koncentrace lysinu inklinovaly k tomu, že byly nejvyšší ve světle zbarvených DDGS, střední ve středně zbarvených DDGS a nejnižší v tmavě zbarvených DDGS. Tmavá barva a připálený či kouřový zápach byly pravděpodobně způsobeny přehřátím výpalků během sušícího procesu.

Barevná analýza tedy může být rychlou a spolehlivou metodou odhadu stravitelnosti aminokyselin v DDGS, zvláště lysinu (BATAL a DALE, 2006; FASTINGER a MAHAN, 2006). K dalším faktorům ovlivňujícím barvu výpalků kromě použitého zrna patří: množství přidávaných rozpustných látek před sušením, doba a teplota sušení, obsah celkového lysinu a

vznik produktů Maillardovy reakce (FONTAINE *et al.*, 2007; BABCOCK *et al.*, 2008). FASTINGER *et al.* (2006) zpozorovali střední korelaci ($r^2 = 0,52$) mezi standardní stravitelností a hodnotou L^* . BATALLA a DALE (2006) zjistili mezi stejnými parametry vysokou korelaci ($r^2 = 0,87$), na základě těchto skutečností, doporučují vybírat pro krmení nepřežvýkavých zvířat DDGS s hodnotami L^* vyššími než 55-57. Světlost a žlutost barvy DDGS se jeví jako dobrá známka stravitelnosti lysinu u žlutých kukuřičných DDGS pro drůbež (ERGUL *et al.*, 2003). SHURSON (2005) poznamenává, že podle barvy výpalků lze předpokládat stravitelnost lysinu u kukuřičných DDGS, neplatí to však pro DDGS z ostatních druhů obilovin.

OBSAH MINERÁLNÍCH LÁTEK

SALIM *et al.* (2010) uvádějí, že DDGS mohou být dobrým zdrojem fosforu (7,6 g/kg), draslíku (9,1 g/kg), zinku (57,26 mg/kg) a také dalších minerálních látek. Fosfor je pro brojlery velice důležitý prvek a kuřata jsou na jeho deficienci extrémně citlivá. NRC (1994) uvádí obsah P v DDGS 7,2 g/kg, další práce uvádějí obsah P v rozpětí 5,9 až 9,5 g/kg (SPIEHS *et al.*, 2002; STEIN *et al.*, 2006). Velké rozpětí v hladinách fosforu pramení z jeho rozdílného obsahu v kukuřici a z rozdílného množství reziduálního škrobu v DDGS (MARTINEZ-AMEZCUA *et al.*, 2004). NOLL *et al.* (2007) uvádějí, že přídavek rozpustných látek má vysokou korelaci k barvě DDGS a obsahu fosforu. Tmavší barva (s nižšími hodnotami L^*) znamená vyšší obsah P, což může být vhodným indikátorem obsahu P v DDGS. Důležitá je zejména využitelnost fosforu, protože P je jednou z nejdražších živin v dietách pro drůbež. Jeho využitelnost z DDGS je však vysoce variabilní (KIM *et al.*, 2008). LUMPKINS a BATALLA (2005) uvádějí, že relativní využitelnost fosforu ze vzorků DDGS obsahujících 7,4 g/kg P byla 68 a 54 % ve dvou různých pokusech. Přibližně stejné hodnoty zjistili také MARTINEZ-AMEZCUA *et al.* (2004). Zdánlivá stravitelnost fosforu v DDGS je

přibližně třikrát vyšší než v kukuřičném zrně, což je zřejmě způsobeno hydrolyzou fosforu vázaného ve fytátovém komplexu, k čemuž dochází v průběhu fermentace (STEIN *et al.*, 2007).

Také obsah sodíku je v DDGS poměrně variabilní. BATAL a DALE (2003) uvádějí obsah sodíku 2,3 g/kg s rozpětím 0,9 až 4,4 g/kg ve 12 vzorcích DDGS. Vysoká hladina sodíku v krmivu může způsobit vyšší příjem vody zvířaty a následně příliš vlhkou podestýlku, popř. znečištěná vejce (ZEMAN *et al.*, 2006).

Obsahy dalších minerálií jako je vápník, draslík a síra jsou v kukuřici nízké. Při výrobě etanolu se dvě třetiny hmoty kukuřičného zrna přemění na etanol a CO₂, čímž se koncentrace všech živin nevyužitých při fermentaci zvýší asi třikrát, a to platí zejména u Ca a K. Obsah síry je však vyšší díky kvasinkám a přídavku H₂SO₄ (BABCOCK *et al.*, 2008). Síra může interferovat s absorpcí Ca a dalších minerálií a může tak ovlivnit kvalitu vajec a pevnost kostí (SALIM *et al.*, 2010).

BATAL a DALE (2003) uvádějí, že průměrný obsah většiny dalších minerálních látek v DDGS (kromě S) souhlasí s prognózními hodnotami založenými na trojnásobném zvýšení oproti kukuřici během fermentačního procesu. SPIEHS *et al.* (2002) zjišťovali obsah živin a variabilitu v DDGS z nových lihovarů v Minnesotě a Jižní Dakotě. Zjistili, že meziroční rozdíly zjištěné u obsahu Mn, Zn a Cu jsou výsledkem rozdílů v původní surovině a v nastavení fermentačního procesu.

SALIM *et al.* (2010) hodnotili importované kukuřičné DDGS z let 2006 až 2009 a zjistili průměrný obsah minerálních látek, který pro Cu, Zn, Fe a Mn byl 3,86; 57,26; 81,54 a 10,37 mg/kg. Tyto hodnoty byly nižší, než uvádějí SPIEHS *et al.* (2002) a BATAL a DALE (2003).

OBSAH KAROTENOIDŮ

Karotenoidy jsou třídou přírodních pigmentů pohybujících se od žluté po červenou, hrají kritickou roli v různých biologických procesech a jsou citlivé na světlo, kyslík a teplotu. Aviární a savčí druhy nemají schopnost jejich syntézy a jsou plně závislí na jejich příjmu. U drůbeže se karotenoidy ukládají v kůži, v tukové tkáni nebo ve žloutku a způsobují žluté zbarvení, které je žádanější u spotřebitelů (LEESON a CASTON, 2004). Kukuřičné zrno obsahuje okolo 20 mg/kg xantofylů, což znamená, že kukuřičné DDGS mohou být dobrým zdrojem xantofylů (luteinu a zeaxantinu). Obsah xantofylů se však může snižovat během sušení tepelnou destrukcí (SALIM *et al.*, 2010).

ROBERSON *et al.* (2005) analyzovali dva vzorky DDGS a zjistili 29,75 mg/kg xantofylů v jednom ze vzorků a pouze 3,48 mg/kg ve druhém tmavě zbarveném vzorku, který považovali za poškozený teplem. SALIM *et al.* (2010) analýzou 16 vzorků DDGS původem z US zjistili, že průměrná koncentrace karotenů a xantofylů byla 8,58 a 36,72 mg/kg. Tyto hodnoty byly vyšší, než které uvádějí ROBERSON *et al.* (2005). Pokud kukuřičné výpalky nejsou poškozeny teplem při sušení, pak mohou být v krmných dávkách pro drůbež dobrým zdrojem pigmentů a zajistit dostatečně tmavě žlutou barvu žloutku a kůže (SALIM *et al.*, 2010).

DALŠÍ ŽIVINY

Výpalky nejsou jen dobrým zdrojem energie, aminokyselin a minerálních látek, ale také mohou být bohatým zdrojem vitaminů rozpustných ve vodě (zvláště thiaminu a riboflavinu). DDGS obsahují také biologicky aktivní látky, jako jsou nukleotidy, manan-oligosacharidy, glukany, inositol, glutamin a nukleové kyseliny, které mají příznivý efekt na imunitní odezvu a zdraví zvířat (SWIATKIEWICZ a KORELESKI, 2008). Dřívější použití výpalků v krmivech pro drůbež bylo hlavně zdrojem neidentifikovaného růstového faktoru -

aktivní substance zlepšující růst a líhnivost (DOLEŽAL *et al.*, 2004). Zlepšení růstových parametrů kuřat díky neidentifikovanému růstovému faktoru potvrzují rovněž HASEGAWA *et al.* (2009) a KAMIZONO *et al.* (2009). Také obsah mastných kyselin se v DDGS zvyšuje oproti zrnu přibližně třikrát. DDGS produkované v konvenčních podmínkách obsahují malé množství dokosaheptaenové kyseliny, která v kukuřičném zrnu zcela chybí (MARTINEZ-AMEZCUA *et al.*, 2007).

MYKOTOXINY

Mykotoxiny mohou u drůbeže způsobovat četné zdravotní problémy, jako jsou poškození jater, pokles užitkovosti a zvýšení citlivosti k chorobám. V kukuřici se vyskytuje 5 hlavních mykotoxinů: fumonisin, aflatoxin, deoxynivalenol (vomitoxin), zearalenon a ochratoxin (WU a MUNKVOLD, 2008). ZIMOLKA *et al.* (2008) uvádí, že z deseti testovaných vzorků kukuřice v roce 2006 na obsah deoxynivalenolu bylo devět vzorků pozitivních (tj. nad detekční limit použité metody), maximální hodnota (1160 µg/kg) však nepřesáhla povolený hygienický limit pro kukuřici jako potravinovou surovinu (1750 µg/kg). Obdobná situace byla ve výskytu fumonisinů, kdy ze 16 sledovaných vzorků jich bylo 10 pozitivních, avšak limit nebyl překročen. Pozitivní, avšak podlimitní hodnoty zearalenonu, deoxynivaleolu a fumonisinů byly nalezeny také ve vzorcích kukuřice určené pro přípravu krmiv, které analyzoval v roce 2006 Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. Co se týká obsahu aflatoxinů, u obilovin a výrobků z nich nebyl Státní zemědělskou a potravinářskou inspekcí v letech 2005 a 2006 zjištěn žádný pozitivní nález. Nejlepším principem omezení výskytu mykotoxinů v rostlinných komoditách je prevence jejich výskytu. Nejdůležitějšími faktory, které proces tvorby mykotoxinů v kukuřici během vegetace ovlivňují, jsou povětrnostní podmínky, doba sklizně, náchylnost pěstované odrůdy, stres rostlin, předplodina a způsob zpracování půdy. Jak uvádí RODRIGUES (2008), u 99 %

vzorků DDGS z jejího výzkumu byla zjištěna přítomnost nejméně jednoho z mykotoxinů a v 96 % těchto vzorků byla zjištěna přítomnost dvou a více mykotoxinů. Při fermentaci a destilaci navíc dochází k trojnásobnému zvýšení hladiny mykotoxinů oproti hladině, která byla detekována v původním zrna (MURTHY *et al.*, 2005). TANGENDJAJA (2008) uvádí, že ve výzkumu ohledně obsahu mykotoxinů ve 113 vzorcích DDGS byla prokázána přítomnost aflatoxinu B₁, zearalenonu, deoxynivalenolu, trichothecenu a fumonisinu v koncentracích 24, 333, 2130, 596 a 113 µg/kg.

ZEMAN *et al.* (2008) považuje riziko kontaminace mykotoxiny u nové generace DDGS za velice nízké, protože při špatné kvalitě kukuřice dochází k nízké produkci etanolu. Kukuřice produkovaná na etanol by tedy měla být vždy ošetřena proti plísním. V Německu byly stanoveny nejvyšší meze pro obsah DON ve výchozí surovině. Partie obilí, které tyto hodnoty překračují, se nemohou jako surovina pro výrobu bioetanolu prodávat (NEUMANN, 2005). Stanovit obsah mykotoxinů ve vzorcích je doporučeno tenkovrstvou chromatografií (TLC) nebo HPLC. ELISA a jiné metody dávají falešné pozitivní výsledky (ZEMAN *et al.*, 2008). Většina lihovarů monitoruje vstupní surovinu a kontaminované dodávky odmítá (SHURSON a ALGHAMDI, 2008). Další možností je také produkce geneticky modifikované kukuřice, která je rezistentní vůči různým chorobám a mykotoxinům (SALIM *et al.*, 2010). ZIMOLKA *et al.* (2008) uvádějí, že zejména pro fumonisiny, ale i ostatní fuzáriové mykotoxiny je velmi závažným faktorem napadení porostu zavíječem kukuřičným či jiným hmyzem. Larvami poškozené části rostliny jsou totiž patogeny napadány přednostně, proto se jeví pěstování geneticky modifikované kukuřice velice slibně.

Využití DDGS ve výživě brojlerů

V minulosti bylo využití DDGS v dietách drůbeže nízké (maximálně do 5 %) kvůli dodávkám a cenám DDGS (WALDROUP *et al.*, 1981) a stejně tak kvůli variabilitě obsahu

živin a stravitelnosti (NOLL *et al.*, 2001). V současnosti je jim ale věnováno více pozornosti díky expanzi lihovarů pro bioetanol (SALIM *et al.*, 2010).

Vliv zkrmování DDGS na růstové parametry kuřat

CROMWELL *et al.* (1993) uvádějí, že varianta DDGS s kouřovým zápachem a nejnižším obsahem lysinu byla kuřaty přijímána v nejnižším množství a kuřata z této skupiny dosahovala nejnižších přírůstků a nejhorší konverze krmiva. Dále zjistili, že kuřata krmená směsí obsahující DDGS rostla pomaleji a měla vyšší spotřebu krmiva na jednotku přírůstku, než kuřata krmená směsí, ve které bylo ekvivalentní množství dusíkatých látek dodáno v podobě SEŠ. Dále uvádějí, že výživná hodnota DDGS pocházejících z produkce palivového i potravinářského etanolu se zdá být stejná. THACKER a WIDYARATNE (2007) zařadili do krmné směsi brojlerů 0, 5, 10, 15 a 20 % obilných DDGS a zaznamenali pokles přírůstku a konverze krmiva u skupiny krmené směsí s nejvyšším obsahem DDGS (20 %). LUMPKINS *et al.* (2004) provedli dva experimenty s využitím DDGS v dietách brojlerů. V prvním zkrmovali 0 a 15 % výpalků do věku 18 dní kuřatům Cobb 500 a nenalezli žádné nepříznivé efekty na přírůstek a využitelnost krmiva. V druhém pokusu zařadili 0, 6, 12 a 18 % DDGS stejným kuřatům do 42. dne věku a zjistili, že přírůstek byl nižší u brojlerů krmených 18 % DDGS. Autoři vysvětlují tento efekt deficiencí aminokyselin, zejména lysinu, ve startérové směsi a shrnují, že DDGS z moderních biolihovarů jsou akceptovatelnou komponentou krmných směsí, která může být bezpečně použita v hladině 6 % ve startéru a 12-15 % ve směších grower a finisher. BATALLA a PARSONS (2002a, b) ve svých publikacích nedoporučují zařazení 25 až 30 % DDGS do směsi pro kuřata v prvních dvou týdnech života kvůli vysokému obsahu vlákniny a nízké stravitelnosti aminokyselin.

WANG *et al.* (2007a) pozorovali trend poklesu živé hmotnosti během počátečních dvou týdnů života brojlerů krmených 30 % DDGS oproti 0 a 15 % DDGS. Potvrzují tak

výsledky dalších studií ukazujících, že přidavek vysokých hladin výpalků do směsi rostoucích kuřat vede k deficitu aminokyselin, protože jejich stravitelnost je z DDGS příliš nízká. V další studii WANG *et al.* (2007b) zařadili do krmné dávky brojlerů DDGS v množství 0, 5, 10, 20 a 25 %. Hmotnost kuřat a spotřeba krmiva byla zaznamenána 14., 35. a 49. den. Konverze krmiva měla tendenci vzrůstat spolu se vzrůstajícím obsahem DDGS v dietě. Kuřata krmená směsí s 25 % DDGS měla prokazatelně vyšší konverzi než skupina krmená kontrolní směsí bez DDGS. Během pokusu nezaznamenali žádný průkazný vliv hladiny DDGS v krmivu na mortalitu jedinců.

SHIM *et al.* (2011) provedli 2 experimenty s 36 brojlerů Cobb 500, kterým zařadili do krmných směsí 0, 8, 16 a 24 %. V prvním experimentu vykazovali brojleři s hladinou výpalků 8 % a více zvýšený přírůstek v porovnání s kontrolní skupinou, což se potvrdilo i v druhém experimentu. Spolu s přidavkem kukuřičných DDGS do krmné směsi byla však negativně ovlivněna kvalita pelet a jejich index tvrdosti.

LIU *et al.* (2011) zařadili do krmné směsi 720 brojlerů Cobb 500 0, 10 a 20 % kukuřičných DDGS a 0, 1200, 2400 a 3600 IU/kg xylanázy. Tyto pokusné krmné směsi zkrmovali do 42. dne věku a přitom shromažďovali trus a na konci pokusu odebrali také exkrementy z ilea. Zjistili, že DDGS průkazně zvyšovaly příjem krmiva od 1. do 21. dne věku a zařazení xylanázy příjem krmiva ještě zvýšilo o 4 – 5%. Také uvádějí, že DDGS snížily koeficienty zdánlivé stravitelnosti u sušiny a hemicelulózy, zatímco přidavek xylanázy stravitelnost sušiny a hemicelulózy zvyšoval. Shrnují, že přidavek xylanázy do diet obsahujících kukuřičné DDGS může u brojlerů zlepšit růstové parametry a stravitelnost krmných komponent.

HASEGAWA *et al.* (2009) zařadili do krmné směsi brojlerů výpalky z batátů (SDBP = shochu distillery by-product), které zůstávají po výrobě tradičního japonského likéru Shochu. Tyto výpalky zkrmovali kuřatům po dobu 21 dní a zaznamenali průkazné zvýšení

příjmu krmiva a živé hmotnosti, což připisují neidentifikovanému růstovému faktoru, který je ve výpalcích obsažen.

Vliv zkrmování DDGS na kvalitu kuřecího masa

WANG *et al.* (2007b) ve svém experimentu zjistili, že výtěžnost kuřat lineárně klesala se zvyšujícím se přídatkem DDGS do základní směsi. Kuřata krmená dietou s 25% DDGS měla prokazatelně nižší hmotnost prsní svaloviny, vyjádřené jako procento z živé hmotnosti, než kontrolní skupina. Hmotnost křídel, z živé hmotnosti i z jatečně opracovaného trupu, byla větší u skupiny krmené směsí s 15 % DDGS ve srovnání s kontrolou, zatímco hmotnost křídel, vyjádřená jako procento z jatečně opracovaného těla, byla vyšší u kuřat krmených dietou s 25 % DDGS ve srovnání s kontrolou. Na procento stehenní svaloviny neměl druh použité diety žádný průkazný vliv. LUMPKINS *et al.* (2004) uvádějí, že i přes pokles růstu u brojlerů krmených 18 % DDGS výtěžnost prsní svaloviny nebyla ovlivněna. SHIM *et al.* (2011) zjistili zvyšující se procento tuku v jatečně opracovaném těle slepiček brojlerů Cobb 500 spolu se zvyšující se hladinou výpalků v jejich krmné směsi.

CORZO *et al.* (2009) uvádějí, že zkrmování DDGS nemělo vliv na barvu, pH, ztrátu vařením, střížnou sílu prsního a stehenního kuřecího masa a přijatelnost konzumenty. Také uvádějí, že zařazení DDGS do směsi může znamenat vyšší obsah linolové kyseliny a celkových polynenasycených mastných kyselin, což pak může způsobit vyšší náchylnost k oxidaci krmiva a posléze i kuřecího masa. CHOI *et al.* (2008) publikovali podobné výsledky, kdy nedošlo k ovlivnění barvy a tuhosti prsní a stehenní svaloviny vlivem zkrmování DDGS. A dále uvádějí, že stoupající hladina DDGS v dietě průkazně zvyšuje koncentraci nenasycených mastných kyselin v mase. Závěrem shrnují, že využití DDGS ve směsích pro brojlerů až do 15 % by mohlo snížit krmné náklady díky nahrazení části kukuřice a sójového extrahovaného šrotu bez negativního vlivu na růst a kvalitu masa. Podobné sledování provedli

také SCHILLING *et al.* (2010). Brojlerům zkrmovali do věku 42 dní pokusné krmné směsi se zvyšujícím se podílem výpalků (0, 6, 12, 18 a 24 %) a následně vyhodnotili pH, barvu, ztrátu vařením, složení prsní svaloviny, křehkost a organoleptické vlastnosti masa. Pozorovali průkazný rozdíl v pH masa, které bylo vyšší u skupin s 18 a 24 % DDGS než u skupiny s 6 % DDGS. A stejně jako CORZO *et al.* (2009) a CHOI *et al.* (2008) potvrzují lineární zvýšení obsahu kyseliny linolové a polynenasycených mastných kyselin se zvyšujícím se zastoupením DDGS v krmné směsi. V senzorické kvalitě (vzhled, vůně, chuť, textura a celková přijatelnost) prsní svaloviny nenalezli žádné průkazné rozdíly mezi různými pokusnými skupinami. Tyto výsledky jsou velice podobné těm, které opublikovali CORZO *et al.* (2009) s výjimkou toho, že maso z kontrolní skupiny bylo mírně preferováno před skupinou s 8 % DDGS v krmné směsi. Závěrem SCHILLING *et al.* (2010) shrnují, že u brojlerů krmených od 0 do 12 % DDGS nebyla ovlivněna kvalita prsní ani stehenní svaloviny, ačkoliv zkrmování vyšších hladin než 12 % způsobilo zvýšení obsahu polynenasycených mastných kyselin ve stehenní svalovině.

HASEGAWA *et al.* (2009) prokázali při zkrmování výpalků z batátů SDBP průkazné zvýšení hmotnosti prsní svaloviny kuřat, což potvrzují také KAMIZONO *et al.* (2009), kteří navíc prokázali průkazné zlepšení textury, šťavnatosti a vůně stehenní svaloviny kuřat, kterým byly zkrmovány výpalky z produkce tradičního japonského likéru Shochu (SDBP).

Využití DDGS ve výživě nosnic

Nynější studie ukazují, že DDGS mohou být zařazeny do krmných směsí nosnic v hladině 5 – 20 % bez nepříznivého vlivu na produkci a hmotnost vajec (SALIM *et al.*, 2010). LUMPIKNS *et al.* (2003) zařadili ve svém experimentu do krmné dávky nosnic od 21. do 43. týdne 15 % výpalků nové generace, což nemělo na produkci vajec, kvalitu vajec a skořápky a na barvu žloutku žádný negativní vliv. ROBERSON *et al.* (2005) provedli dva

pokusy, ve kterých zjišťovali vliv zkrmování 0, 5, 10 a 15 % DDGS nosnicím Hy-line W36 od 48. do 67. týdne. Zjistili pozitivní efekt kukuřičných DDGS na barvu žloutku a uvádějí, že barva žloutku rapidně zintenzivněla u nosnic krmených 10 % DDGS oproti skupině krmené pouze 5 % DDGS. Naproti tomu LUMPKINS *et al.* (2005) nezjistili žádný efekt přidavku 15 % DDGS na barvu vaječného žloutku.

Vnitřní kvalita vejce měřená pomocí Haughových jednotek a kvalita skořápky nebyla zařazením DDGS do krmné dávky ovlivněna (LUMPKINS *et al.*, 2005; ROBERSON *et al.*, 2005). CHEON *et al.* (2008) provedli dva krmné pokusy, ve kterých zařadili do krmné směsi nosnic DDGS v hladinách do 20 %, v prvním pokusu sledovali efekt použití DDGS (0, 10, 15 a 20 %) na produkci vajec a jejich kvalitu a uvádějí, že použití DDGS v hladinách do 20 % u nosnic nemělo žádný vliv na příjem směsi, snášku, celkovou hmotu vajec, průměrnou hmotnost vejce a konverzi krmiva, ale barva žloutku a obsah kyseliny linolenové byly průkazně zvýšené s přidavkem DDGS. Závěrem tvrdí, že výpalky zlaté barvy mohou být u nosnic použity v hladině až 20 % bez škodlivého efektu na užitkovost. Což potvrzují také REW *et al.* (2009). Tyto studie ukazují, že náhrada kukuřice a sójového extrahovaného šrotu sušenými výpalky může být ekonomicky výhodná. V Polsku SWIATKIEWICZ a KORELESKI (2006) studovali efekt DDGS a doplňku enzymu na užitkovost nosnic od 26. do 68. týdne věku. Pokusné směsi obsahovaly 0, 5, 10, 15 nebo 20 %. Zjistili, že hladina výpalků ve směsi neměla žádný vliv na výšku bílku, Haughovy jednotky, tloušťku skořápky, hustotu a křapovitost nebo na senzorické vlastnosti vařených vajec. Skóre barvy žloutku se průkazně zvyšovalo, když směs obsahovala DDGS.

Využití DDGS ve výživě krůt

V grower a finisher směsích pro krocany může být zařazeno až 20 % DDGS, přičemž důležitou roli hraje obsah dusíkatých látek v krmné směsi. Pokud jsou krmeny vysoké hladiny

proteinu, 15 % DDGS může zlepšit užitkovost krocanů (SALIM *et al.*, 2010). ROBERSON (2003) provedl dva pokusy s krůtami, kterým zkrmoval směs obsahující DDGS od 56. do 105. dne věku. V prvním pokusu byla směs sestavena na bázi stravitelných aminokyselin a obsahovala až 27 % DDGS, hmotnost krůt klesala lineárně se zvyšující se hladinou DDGS ve směsi, což bylo způsobeno horší skutečnou stravitelností lysinu, než bylo předpokládáno. Přídavek až 10 % DDGS v groweru nebo finisheru neměl žádný negativní vliv na přírůstek a konverzi krmiva. Stejně tak NOLL *et al.* (2002) nezjistili žádný negativní efekt zkrmování DDGS na výtěžnost prsní svaloviny u krocanů, pokud byla hladina aminokyselin ve směsi dobře vybalancovaná. V jiném experimentu NOLL *et al.* (2004) neobjevili negativní vliv na přírůstek a konverzi krmiva při zařazení DDGS do krmných směsí krocanů v hladině do 20 %, navíc 10 až 15 % DDGS ve směsích bohatých na dusíkaté látky mělo pozitivní vliv na přírůstek.



Použitá literatura je k dispozici u autorky.