

**Dana
Nehasilová**



Využití vedlejších produktů výroby etanolu ve výživě hospodářských zvířat

VYUŽITÍ VEDLEJŠÍCH PRODUKTŮ VÝROBY ETANOLU VE VÝŽIVĚ HOSPODÁŘSKÝCH ZVÍŘAT

ING. DANA NEHASILOVÁ

Rozvoj využití biopaliv se v současnosti a budoucnosti jeví jako levnější a především ekologicky výhodný obnovitelný zdroj energie, který souvisí s vyčerpáním fosilních paliv. Protože mají Spojené státy i Evropská unie ambiciózní plány pro zvýšení používání biopaliv, zdá se, že je garantována budoucnost etanolových paliv v globálním měřítku.

Se stoupající výrobou bioetanolu stoupá i objem vedlejších produktů – různých druhů výpalků, což vede k hledání možnosti jejich využití ve výživě hospodářských zvířat. Vědci hodnotí dostupné vedlejší produkty a vyvíjejí strategie výživy, které podpoří chovatele v rozhodnutí, zda tyto produkty zařadit do krmných dávek jednotlivých druhů a kategorií hospodářských zvířat.

DDGS (sušené výpalky s rozpustným podílem) se vyznačují poměrně vysokým obsahem dusíkatých látek, tuků s vyšším podílem nenasycených mastných kyselin, energie a fosforu vyznačujícího se vysokou biodostupností. Limitujícím faktorem, který je nutné kompenzovat je vyšší obsah vlákniny a nižší obsah lyzinu.

Studie podrobně mapuje možnosti využití výpalků bioetanolového průmyslu v krmných dávkách jednotlivých kategorií prasat a drůbeže.

OBSAH

1	Úvod	4
2	Klíčové oblasti produkce etanolu	5
2.1	Spojené státy	5
2.2	Brazílie	8
2.3	Asie	9
2.4	Evropská unie	9
2.4.1	Německo	10
2.4.2	Česká republika	10
3	Výroba etanolu	11
3.1	Výroba etanolu ze suché kukuřičné mouky	11
3.2	Výroba etanolu z mokré kukuřičné mouky	13
3.2.1	Nové biorafinační metody	13
4	Suroviny na výrobu bioetanolu	15
5	Využití vedlejších produktů výroby etanolu ve výživě hospodářských zvířat	17
5.1	Živinné složení a stravitelnost energie a živin	22
5.1.1	Koncentrace a stravitelnost dusíkatých látek	22
5.1.2	Koncentrace a stravitelnost energie	23
5.1.3	Koncentrace a stravitelnost sacharidů a vlákniny	23
5.1.4	Koncentrace a stravitelnost fosforu	24
6	DDGS ve výživě prasat	26
6.1	DDGS v dietách pro odstavená selata	28
6.2	DDGS v dietách rostoucích a vykrmovaných prasat	29
6.2.1	Vliv DDGS na růstovou užitkovost	29
6.2.2	Vliv DDGS na kvalitu a složení jatečného těla	30
6.3	Vliv DDGS na užitkovost prasnic	32
6.4	Vliv DDGS na zdravotní stav prasat	33
6.5	Vliv DDGS na koncentraci živin a plynné a pachové emise z prasečí kejdy	33
7	DDGS ve výživě drůbeže	34
7.1	Kuřata	35
7.2	Brojleři	36
7.3	Nosnice	37
7.4	Krůty	38
8	Ekonomické zhodnocení	38
	Závěr	40
	Literatura	41

1 ÚVOD

Vývoj obnovitelných energetických zdrojů, jako je bioetanol, bionafta a bioplyn, mají velký význam pro zdroje energie v budoucnosti, pro snížení dopadů na životní prostředí (emise skleníkových plynů) a upevnění hospodářství na venkově. Spaliny biolihu neobsahují popel a síru a mají oproti benzínu nižší podíl oxidu uhličitého a oxidů dusíku, což vytváří předpoklad ke snižování znečištění životního prostředí. Cílovou metou v ochraně klimatu, kterou kvantifikoval Mezivládní panel pro klimatické změny (IPCC), je snížení emisí CO₂ do roku 2050 na polovinu v porovnání s rokem 1990 (kritéria trvale udržitelného vývoje) (18).

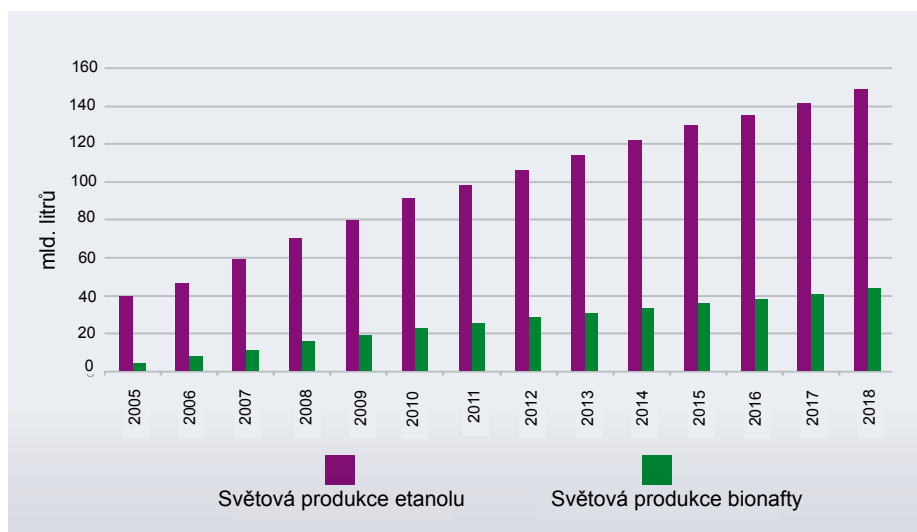
V minulosti jsme byli svědky celé řady modelů a teorií, které předpokládaly získávání energie z alternativních zdrojů. Všechny tyto modely mají politické pozadí (138). Např. před 20 lety se v Evropě a v USA rozbíhal program produkce bionafty, při poklesu cen ropy z 30 pod 10 USD za barel byl však program zastaven. V období růstu cen ropy došlo opět k obnovení zájmu o biopaliva. Cena fosilních paliv, přes různé přechodné fluktuace, v delším časovém horizontu nepochybně poroste a dá se proto očekávat, že souběžně s tím začne růst i význam biopaliv (13). Proto je třeba být připravený. Vyspělé západní země dosud neudělaly prakticky žádné reálné kroky proto, aby odvrátily energetickou krizi (75).

V současné době biopaliva představují pouze 0,2 procenta celkové spotřeby energie a 1,5 procenta celkové spotřeby pohonných hmot. Plodiny pro produkci biopaliv zabírají 2 procenta globálních osevních ploch. Tento objem by však měl velmi výrazně narůstat v průběhu příštích několika dekád (obr. 1) (18).

Odlíšnosti v přístupu k biopalivům a surovinám pro jejich produkci v různých částech planety jsou z jedné strany dány disponibilitou lokálních zdrojů, na druhé straně se ale jedná i o rozdíly dané politickými a společenskými prioritami (8).

Američané mnohem více akcentují důvody, jakými jsou zejména zvětšení nezávislosti na dovážených palivech a v souvislosti s výrobou a dalším s biopalivy spjatým průmyslem pak hlavně na zvýšení zaměstnanosti a zlepšení příležitostí pro farmáře (73). Výhodou amerických farmářů je větší finanční stabilita díky biolihovému programu i když tento program „pohltil“ pouze 15 % v USA vyprodukovaných obilovin. I to však stačilo na to, aby vzrostly obecně ceny obilovin i ceny půdy. Tato půda pro ně „pracuje“ a silnější jsou i zemědělské banky. Nový americký prezident Barack Obama představil velmi silný sociální program, jehož součástí je i podpora farmářů. V jeho rámci byla zakotvena velmi intenzivní podpora zakládání nových podniků v oblasti produkce biopaliv (80). Je zde vyvíjen velký tlak na výzkum, aby hledal nové možnosti využití etanolových výpalků (37).

Obr. 1 Prognóza světové výroby etanolu a bionafty v období 2005 až 2018 (18)



Zdroj: OECD-FAO Agricultural Outlook 2009–2018

Kritické hlasy namítají, že zvýšená poptávka po biopalivech sice může vést k růstu produkce zemědělských plodin, ale velká část z této nadprodukce bude následně vyčleněna z potravinářského využití (18). Tomu by však měla v budoucnu zabránit druhá a třetí generace biopaliv, která již nebudou brát zvířatům a lidem energii obilovin (70, 74). To však bude vyžadovat obrovské investice do zemědělského výzkumu a vývoje nových technologií (60).

V případě zpracování obilovin, popřípadě dřevní hmoty jde o převod polysacharidů na zkvasitelnou formu, který je u obilovin dobře zpracován, u dřevní hmoty je však dosud velmi problematický (2). Navzdory většinovému zájmu politických reprezentací o biopaliva dalších generací by však měl komerční nárůst jejich produkce a využití mezi lety 2009 až 2015 zůstat za očekáváním. Podle odborníků využití dalších uhlíkatých zdrojů k výrobě etanolu může v budoucnu ukončit kontroverzní postavení potravin a paliv (22).

Podle nejnovější analýzy Hart's Global Biofuels Center, jejíž výsledky byly uvedeny ve výhledové zprávě **Global Biofuels Outlook to 2015**, mělo by v průběhu let 2009 až 2015 dojít k zdvojnásobení produkce biopaliv (49). Také zpráva Mezinárodní energetické agentury (IEA) **World Energy Outlook** predikuje v příštích dvou dekadách významný růst v odvětví produkce bioenergií a to buď s politickou podporou nebo i bez ní (50).

Tetsu Emori, šéf strategie pro suroviny při Mitsui Bussan Futures v Tokiu, uvádí jako důvod poklesu ceny ropy zvyšující se konkurenční tlak ze strany rostoucí nabídky biopaliv (zmírnění vlivu oligopolu zemí OPECU na stanovení ceny ropy) (91).

Využití obilovin k výrobě bioetanolu v globálním měřítku doznalo v roce 2008 ohromného rozmachu. Podle odhadů Mezinárodní rady pro obiloviny (IGC) bylo pro produkci etanolu použito 118 mil. tun obilovin, což představuje 7 % světové spotřeby. Téměř 110 mil. tun připadlo na kukuřici. Využití jiných druhů obilovin bylo naproti tomu jen nepatrné – na pšenici připadlo 5 mil. tun, na ječmen dokonce pouhých 0,7 mil. tun (105).

Vzhledem k velmi malému podílu na celkové spotřebě obilovin (čítajícímu méně než 2 %), má dosud výroba bioetanolu v EU jen velmi omezený vliv na trh s obilovinami. Ačkoliv je podpora výroby biopaliv deklarovaným politickým cílem, zůstává dosud praktická realizace tohoto záměru za očekáváním. Do roku 2010 by měl podíl biopaliv stoupnout na 5,75 %, což se ze současného pohledu nezdá reálné. Z tohoto důvodu Komise EU v uplynulém roce přinesla další návrhy k podpoře odvětví produkce biopaliv. Minimální podíl biopaliv na trhu pohonných hmot by měl do roku 2020 stoupnout na 10 % (SCHRAA 2009).

Uprostřed globální ekonomické krize a nestálých cen ropy se snahy mnoha zemí celého světa jak omezit svoji závislost na ropě a nalézt alternativní paliva pro udržení svého ekonomického růstu ještě znásobily (118).

2 KLÍČOVÉ OBLASTI PRODUKCE ETANOLU

Podle Global Biofuel Market Analysis bylo v roce 2008 79 % veškeré produkce etanolu na světě vyrobeno ve dvou klíčových oblastech biolihového průmyslu – USA a Brazílii. Výhledová zpráva **Global Biofuels Outlook to 2015** uvádí, že by měly lídrem v expanzi biopaliv zůstat Spojené státy, které by ve sledovaném období měly zvýšit produkci asi o 35 %. Brazílie by měla zvýšit domácí produkci o 30 % a zdvojnásobit objem vývozu. Indonésie a Malajsie mají v plánu dvojnásobné zvýšení objemu produkce bionafty z palmového oleje; v Evropě by největším producentem mělo zůstat Německo (49).

2.1 Spojené státy

Velký podnět pro rozmach tohoto odvětví vznikl v souvislosti s obchodním bojkotem tehdejšího SSSR v souvislosti s afghánskou krizí – 5 mil. t kukuřice původně určených na vývoz pro výkrm hospodářských zvířat bylo využito k produkci 1,75 mil. t paliva. Od 70. let je v USA výroba etanolu subvencována pomocí daňových výhod.

Americký produkt s názvem „gasohol“ je směsí 10 % etanolu a 90 % benzínu. V roce 2005 se dostal na trh produkt s názvem E85. Podle WANGA et al. (125) použití 10% směsi E10 redukuje objem použité ropy o 6 %, emise sklení-

kových plynů o 1 % a využití fosilní energie o 3 %. Výroba palivového etanolu je ve Spojených státech nejrychleji se rozvíjejícím se segmentem zemědělství s roční kapacitou více než 18 mil. tun (92).

Současná americká vláda v čele s prezidentem Obamou a Kongres USA spatřují v produkci bioenergie cestu, jak oživit venkovské oblasti, napravit pošramocenou pověst USA ohledně ochrany klimatu a snížit závislost na dovozu ropy ze zahraničí (80).

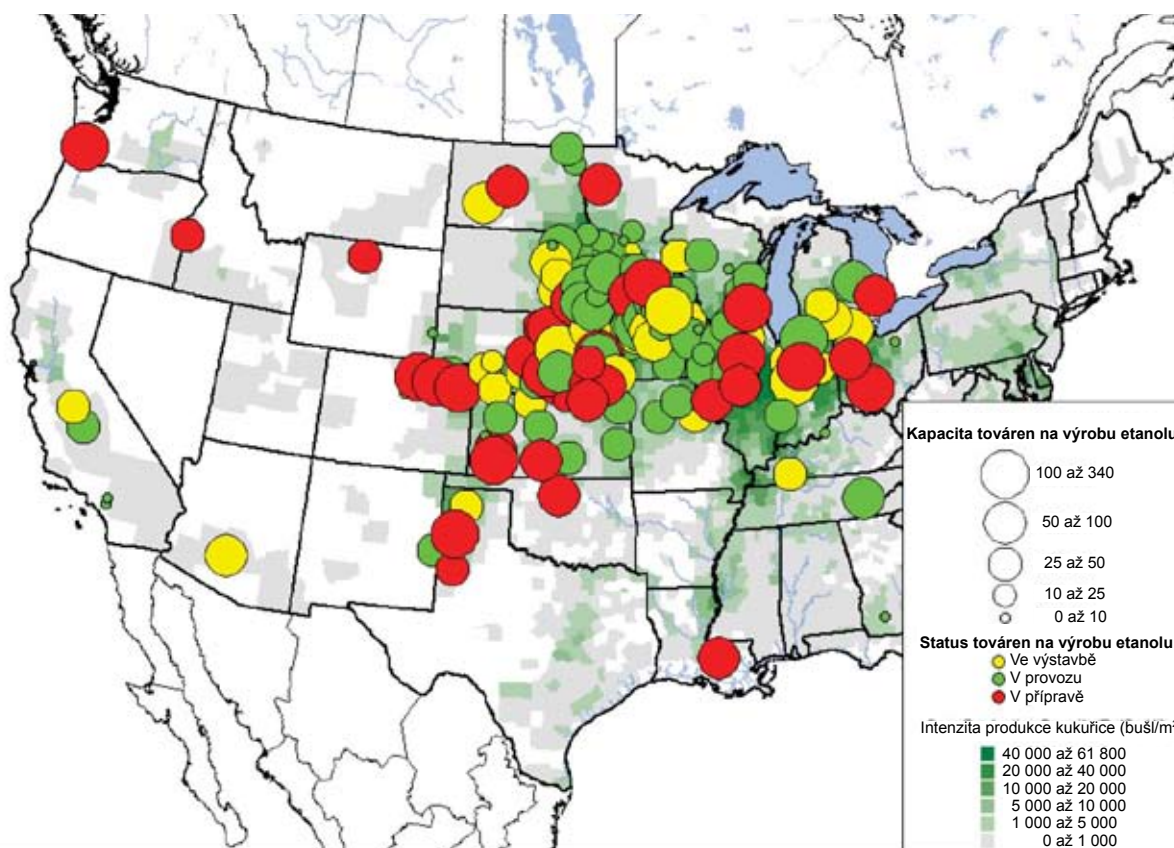
V roce 2030 by výroba bioetanolu měla dosáhnout objemu 225 mld. l, což by mělo snížit závislost na dovozu ropy alespoň o 25 %. Národním cílem je dosažení 30% podílu obnovitelných zdrojů na výrobě elektřiny do roku 2030 především pomocí investic a prodloužením daňových úlev na výrobu energie z obnovitelných zdrojů. Dosažení tohoto cíle bude obnášet každoročně zpracování 140 mil. t kukuřice na biolih (2). Podle odhadů **Amerického bioetanolového svazu** (RFA) jsou v současné době k dispozici průmyslové kapacity na výrobu 37 mil. t etanolu, kapacity na výrobu dalších 6,3 mil. t biolihu jsou ve výstavbě (105). Trh s biopalivy by měl podle nejnovější prognózy **Pike Research** do roku 2020 v USA zvýšit objem tržeb na 247 mld. USD (70).



Ilustrační foto

Dopad mezinárodní hospodářské a finanční krize se ale projevil i v tomto odvětví. Snížená poptávka po pohonných hmotách a nízké ceny nerostných olejů dostaly pod velmi silný tlak také americké podniky, které se nyní musejí potýkat s přetlakem výrobních kapacit (11). Mimo provoz se tak v průběhu posledních měsíců ocitly zejména nerentabilní podniky. Od začátku letošního roku byly na území USA vyraženy z provozu výrobní kapacity s produkcí téměř 6 mil. t etanolu (výpadek 15 mil. t kukuřice) (15).

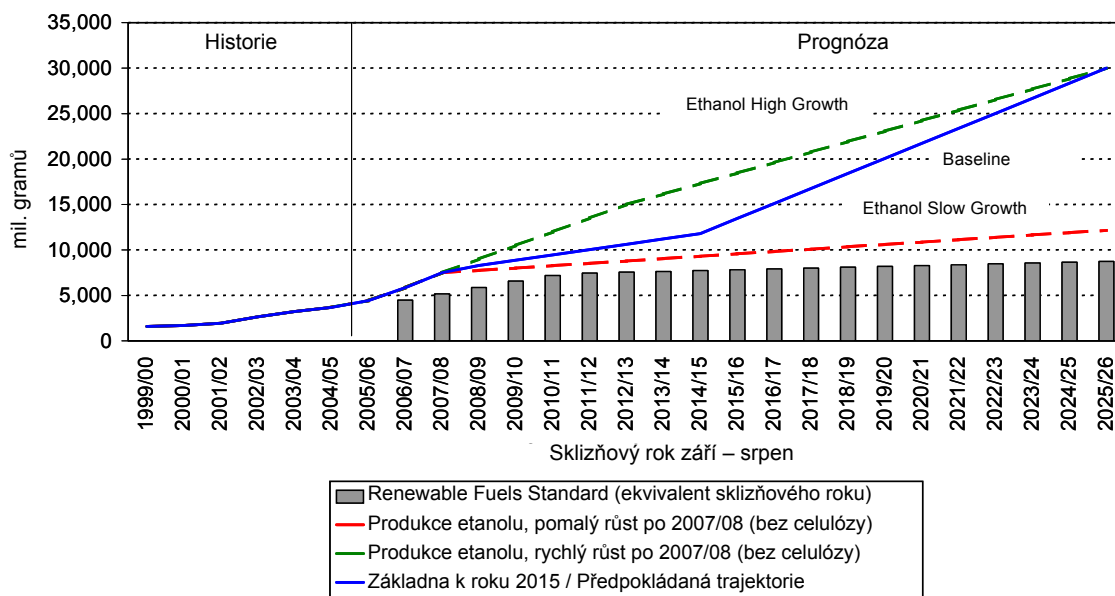
Mapa 1 Existující, v rekonstrukci a plánované kapacity na výrobu etanolu



Zdroj: Renewable Fuels Association a Informa Economics

Zda má výroba biopaliv v USA i přesto perspektivní vyhlídky do budoucna, závisí především na politických rozhodnutích. Americký Kongres v roce 2007 schválil **Renewable Fuel Standard Program (RFS)**, který ukládá navýšení národního podílu příměsi bioetanolu do benzínu z 27 v roce 2009 na 36 mil. tun v roce 2010. Do roku 2022 by dokonce mělo dojít k navýšení celkového objemu přidávaného bioetanolu na více než 107 mil. t. Toto množství by ale nemělo znamenat překročení v současné době platného 10% podílu, zejména ne proto, že dochází ke snižování celkové spotřeby benzínu. Z tohoto důvodu je v současné době předmětem diskusí zvýšení podílu příměsi biolihu až na 15 % (105).

Obr. 2 Predikce vývoje výroby etanolu v USA do roku 2025 (119)



Zdroj: Informa Economics et al., Biobased Multi-Client Study

Program **Energy Policy Act** vytýčil cíle směřování tohoto odvětví do roku 2030. Zahrnuje podporu inovativních metod výroby etanolu především z kukuřice, dřevních odpadů, rostlinných zbytků a prosa prutnatého. V roce 2025 by podle tohoto plánu mělo být dosaženo cíle: pomocí alternativních zdrojů energie a nových technologií nahradit více než 75 % importu minerálních olejů do USA z Blízkého východu. V daném časovém horizontu by se měl zvýšit podíl biopaliv na trhu pohonných hmot na 30 %, což představuje produkci 230 mld. l bioetanolu (12).

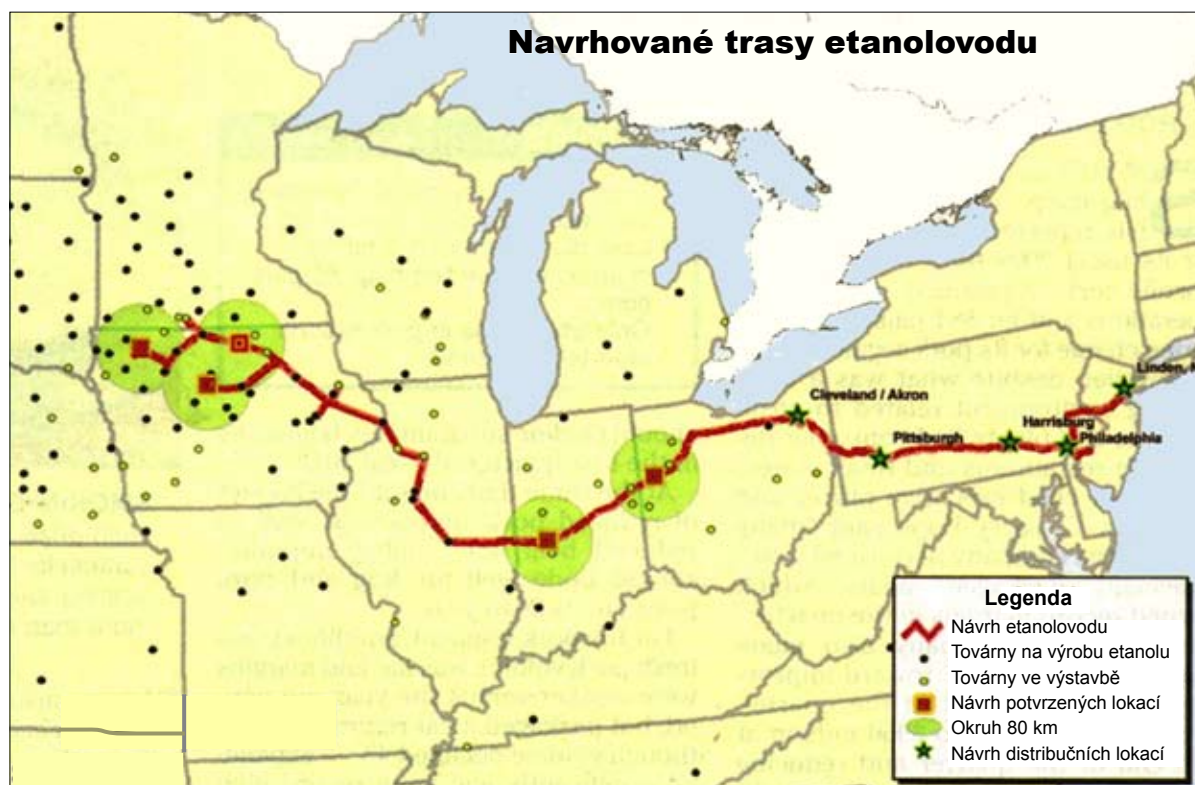
Aktuální zpráva **Pike Research** predikuje, že by i navzdory současným signifikantním změnám, kterým je nutné čelit, měly tržby trhu bioetanolu a bionafty v USA do roku 2020 dosáhnout zvýšení objemu na 247 mld. USD (75 mld. USD v r. 2010) (70).

Tab. 1 Přehled největších výrobních kapacit v USA v roce 2009 (88)

Společnost	Kapacita (mil. l za rok)
POET Biorefining	5 568
Archer Daniels Midland	4 055
Valero Renewable Duele	2 956
VeraSun Energyhy Corp.	2 501
Green Plains Renewable Energy	1 819
Hawkeye Renewables LLC	1 687
The Andersons Albion Ethanol LLC	1 042
White Energy	978
BioFuel – Buffalo Lake Energy LLC	872
Aventine Renewable Energy LLC	785

Největší americký výrobce etanolu POET Biorefining s roční produkcí ve výši 5,6 mld. l (ve 26 provozech) oznámil, že spojí své síly s Magellan Midstream Partners LP za účelem výstavby „etanolovodu“. Plánovaná výstavba dálkového potrubí by měla propojit továrny na území amerických států Iowa, South Dakota, Minnesota, Illinois, Indiana a Ohio a dopravit etanol do oblasti severovýchodu USA, kde je největší poptávka (obr. 3). Finanční náročnost tohoto projektu by se měla pohybovat okolo 3,5 mld. USD (43).

Obr. 3 Plánovaná výstavba etanolovodu z oblasti výroby do oblasti největší spotřeby



2.2 Brazílie

Brazílie v letošním roce vyrobí přibližně 27 mil. m³ etanolu z cukrové třtiny, což představuje zvýšení o 20 % v porovnání s hospodářským rokem 2007–2008 (28). Letos došlo v této zemi k rekordnímu nárůstu ceny bioetanolu, která je nejvyšší za posledních pět let (55).



Ilustrační foto

Většina nových automobilů (více než 90 %) je vybavena motory poháněných flex fuel palivem. Očekává se výroba etanolu v rozmezí 27–29 mld. l, což by mělo představovat nárůst v porovnání s rokem letošním o 2–4 mld. l. V příštím roce by mělo být uvedeno do provozu dalších 2,5 mil. automobilů s hybridními motory a tím dojde k dalšímu nárůstu poptávky.

V letošním roce bylo uvedeno do provozu 23 nových lihovarů, v roce příštím by to mělo být dalších 15. Jiných 70 provozů svojí činnost ukončilo a přinejmenším v průběhu příštích tří let ji nechce znovu obnovit. Zadlužení etanolového průmyslu po vrcholu z roku 2007 ve výši 35 mld. USD by mělo v příštím roce poklesnout na 25 mld. USD, ale mnoho ze 160 společností se stále ještě potýká se závažnými finančními obtížemi (55).

Tab. 2 Sklizeň cukrové třtiny v období 2008/09 a projekce brazilského průmyslu zpracování cukrové třtiny do budoucna (28)

	2008/09	2015/16	2020/21
Produkce cukrové třtiny (mil. t)	562,0	829,0	1 038,0
Cukr (mil. t)	31,2	41,3	45,0
Mezinárodní trh a zásoby	10,2	11,4	12,1
Přebytek exportu	21,0	29,9	32,9
Etanol (mld. l)	27,0	46,9	65,3
Mezinárodní trh a zásoby	22,2	34,6	49,6
Přebytek exportu	4,8	12,3	15,7
Bioelektřina (MW průměr)	1 800,0	11 500,0	14 400,0
Podíl bioelektřiny na celkové produkci (%)	3 %	15 %	15 %

Zdroj: Copersucar, Koblitz a Cogen

2.3 Asie

Oblast jihovýchodní Asie má podle názoru expertů enormní potenciál v oblasti výroby biopaliv. S nárůstem poptávky po biopalivech v tomto regionu se Indie a Čína mohou stát dodavatelem biopaliv do ostatních rozvojových zemí (62). Velký zájem o výrobu biolihi deklarovalo i Japonsko. Produkce etanolu v asijské oblasti by v příštích letech měla zaznamenat boom a k roku 2015 by měla dosáhnout 20% podílu na celkové světové produkci (55). Pokud bude realizován indický projekt, měla by tato země předčít v objemu výroby a exportu etanolu takového giganta jakým je Brazílie (13).

2.4 Evropská unie

Zelená kniha Evropské komise ukládá členským státům EU povinnost nahradit do roku 2020 v silniční dopravě minimálně 20 % fosilních pohonných hmot alternativními pohonnými hmotami, z toho 8 % (podle energetického obsahu) má být nahrazeno biopalivy. V členských zemích Evropského společenství je problematika užití biopaliv v dopravě řešena Směrnicí Evropského parlamentu a Rady 2003/30/ES o podpoře používání biopaliv v dopravě. Cílem směrnice je částečná náhrada neobnovitelných zdrojů fosilních paliv (ropy) biopalivy, ochrana životního prostředí a podpora zemědělského sektoru (2).

Směrnice EU o obnovitelné energii (biomase) 2009/28/ES (Renewable Energy Directive), která pozměnila a doplnila směrnici z roku 2003, vytýčila tyto mandatorní cíle (28):

- 10 % obnovitelné energie v odvětví dopravy do roku 2020 bez specifických cílů pro určité zdroje obnovitelné energie a bez mezicílů,
- většina z těchto 10 % by měla jít na vrub biopaliv,
- přehodnocení politiky biopaliv v roce 2014 s neautomatickou revizí mandatorního cíle ve výši 10 %.

Evropská komise odhaduje, že spotřeba obilovin pro výrobu etanolu v roce 2010 dosáhne objemu 4,3 %; 6,4 % v roce 2014 a na konci roku 2020 by to měl být již 18,6% podíl na celkové spotřebě. Část bioetanolové produkce by měla vzniknout fermentací biomasy bohaté na celulózu, která se nedá použít k výrobě potravin (3).

Průmyslové podniky na výrobu bioetanolu měly v Evropské unii, stejně jako je tomu ve Spojených státech, ulehčit trhu s obilovinami. Z tohoto původního záměru však mnoho nezbylo. Obiloviny pro produkci etanolu zůstávají v EU okrajovou záležitostí (105).

V Evropě dosáhla výroba bioetanolu podle údajů odvětvového svazu EBIO v roce 2008 hranice 2,2 mil. tun, což bylo o 56 % více než tomu bylo v porovnání s rokem předchozím, ale v globálním měřítku představuje pouhá cca 4 % celkové produkce. Nejvýznamnější nárůst byl zaznamenán ve Francii, kde produkce bioetanolu stoupla o 86 % na 790 000 tun, čímž předstihla do této doby jasně vedoucí producentskou zemi Německo (448 000 tun). Třetí pozici obsadilo Španělsko (250 000) s výrazným odstupem před Polskem (158 000). Celkovou produkční kapacitu v EU

odhaduje EBIO na 4,2 mil. tun, zařízení na dalších 2,3 mil. t jsou ve výstavbě. Již v současné době však zůstává okolo 45 % skladovacích kapacit nevyužito. Domácí nabídka byla významně doplněna objemnými dovozy. Podle odhadů EBIO bylo importováno 1,5 mil. tun bioetanolu, více než tři čtvrtiny etanolu doputovaly z Brazílie (11). Dlouhé transportní vzdálenosti však v konečném důsledku ubírají na přínosu biopaliv jak po stránce ekologické, tak také ekonomické i energetické (8).



V Evropě na rozdíl od USA užívá velké procento vozidel jako pohonnou hmotu bionaftu a upřednostňuje se její výroba před výrobou bioetanolu. Podle expertů by se měla na spotřebě biopaliv v Evropě v roce 2010 podílet 13,6 mil. tun bionafta a 7,6 mil. tun bioetanol. Zvýšená poptávka po obilovinách by měla být kryta zvýšením výroby a to jednak vyššími hektarovými výnosy, jednak ukončením politiky set-aside, které vrátí mnoho hektarů zpět do komerční produkce (139).

Ilustrační foto

2.4.1 Německo

Výchozí surovinou pro výrobu bioetanolu v Německu se staly z 63 % obiloviny a 33 % tvořila cukrovka. Nízké ceny obilovin na trhu v současné době činí výrobu bioetanolu opět výrazně zajímavější. V první polovině roku 2009 vzrostla spotřeba bioetanolu v Německu v porovnání se stejným obdobím roku předchozího o 61 % na přibližně 453 000 tun, jak uvádí **Spolkový ústav pro hospodářství a kontrolu vývozu (BAFA)**. Zvláště výrazně si bioetanol polepšil především jako přímá příměs k jiným palivům. Přibližně tři čtvrtiny spotřebovaného bioetanolu podle informací **Spolkového svazu německého bioetanolového odvětví (BDBE)** šlo na vrub pětiprocentního přídatku bioetanolu do benzínů (75 % celkové spotřeby). Podíl bioetanolu na celkové spotřebě pohonných hmot v meziročním srovnání vzrostl z 2,6 na 4,3 %, což odpovídá objemu ve výši 332 000 t. Poptávka by měla v roce 2010 dále stoupat i v souvislosti s uvedením paliva s označením E10 na trh, takže by měl pokračovat vzestupný trend jak v produkci, tak také ve spotřebě bioetanolu (122).

2.4.2 Česká republika

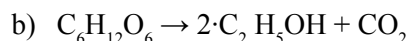
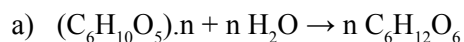
Historie používání biopaliv u nás začíná již po první světové válce, kdy se začaly vyrábět a prodávat lihobenzinové směsi. Státem podporovány byly tehdy lihovary zpracovávající zemědělské produkty. Mezi nimi měly výsadní postavení brambory, ze kterých se u nás dnes lih již téměř nevyrábí. V roce 1932 byl v Československu přijat zákon, který stanovil závazný 20% podíl lihu v benzínové pohonné směsi. Roční výroba etanolu poté přesáhla hranici jednoho milionu hektolitřů, které byly ze 60 % spotřebovány v palivech. Pro srovnání dnešní výroba lihu činí asi 600 000 hl za rok (138).

Používání lihobenzinových směsí zaniklo u nás až počátkem padesátých let minulého století a dosud nebylo obnoveno. Další etapa využití biopaliv byla u nás zahájena v roce 1992 tzv. Oleoprogramem, který byl dotován státem. Tato příznivá situace skončila zvýšením DPH z 5 na 19 % a naším vstupem do EU (2).

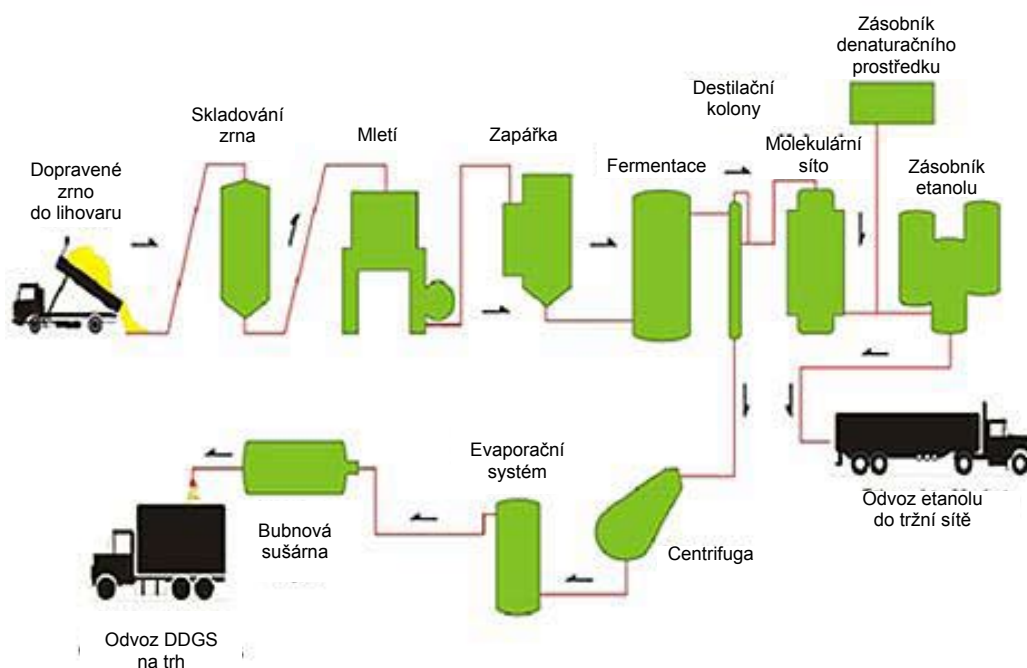
Ministerstvo životního prostředí navrhuje od dubna 2010 zvýšit minimální podíl biopaliv u motorové nafty ze současných 4,5 a u motorového benzínu ze 3,5 na 4,5 %. „Tímto krokem se velice přiblížíme indikativnímu cíli, ke kterému se ČR zavázala, a to zajistit, aby bylo v roce 2010 uvedeno na trh minimální množství biopaliv ve výši 5,75 % z celkového množství pohonných hmot pro dopravní účely“, uvádí se v důvodové zprávě. Požadavek EU musí naše země naplnit do konce roku 2010. Biopaliva se u nás přimíchávají do motorové nafty od září 2007 a do benzínu od začátku roku 2008 (123).

3 VÝROBA ETANOLU

Podstatou výrobního procesu bioetanolu je přeměna polysacharidů (štěpení škrobu – bobtnání a zmazovatění, ztekucení, sacharifikace) pomocí enzymů (α -amylázy, β -amylázy, glukamylázy) na monosacharidy (a) a jejich následná fermentace (b) pomocí kvasinek (*Saccharomyces cerevisiae*) za vzniku etanolu, oxidu uhličitého a menšího množství vedlejších látek (organické kyseliny, aldehydy, glycerol, ketony, metanol, vyšší alkoholy). V moderních továrnách může být sacharifikace spojena s fermentačním krokem – proces se označuje jako simultánní sacharifikace a fermentace (SSF) (91).



Obr. 4 Schematické znázornění procesu výroby etanolu z kukuřice (68)



Oxid uhličitý se z procesu odvádí, čistí a případně zkapaľňuje k dalšímu prodeji. Surový etanol dále prochází procesem koncentrace (destilace a rektifikace). Během destilace (energeticky velmi náročná operace) dochází k separaci etanolu z roztoku vody s alkoholem (138). První destilační výtěžek obsahuje 95 % etanolu, dehydrataci se zvýší koncentrace etanolu na 99 %. Dalším krokem je denaturace etanolu benzínem (91).

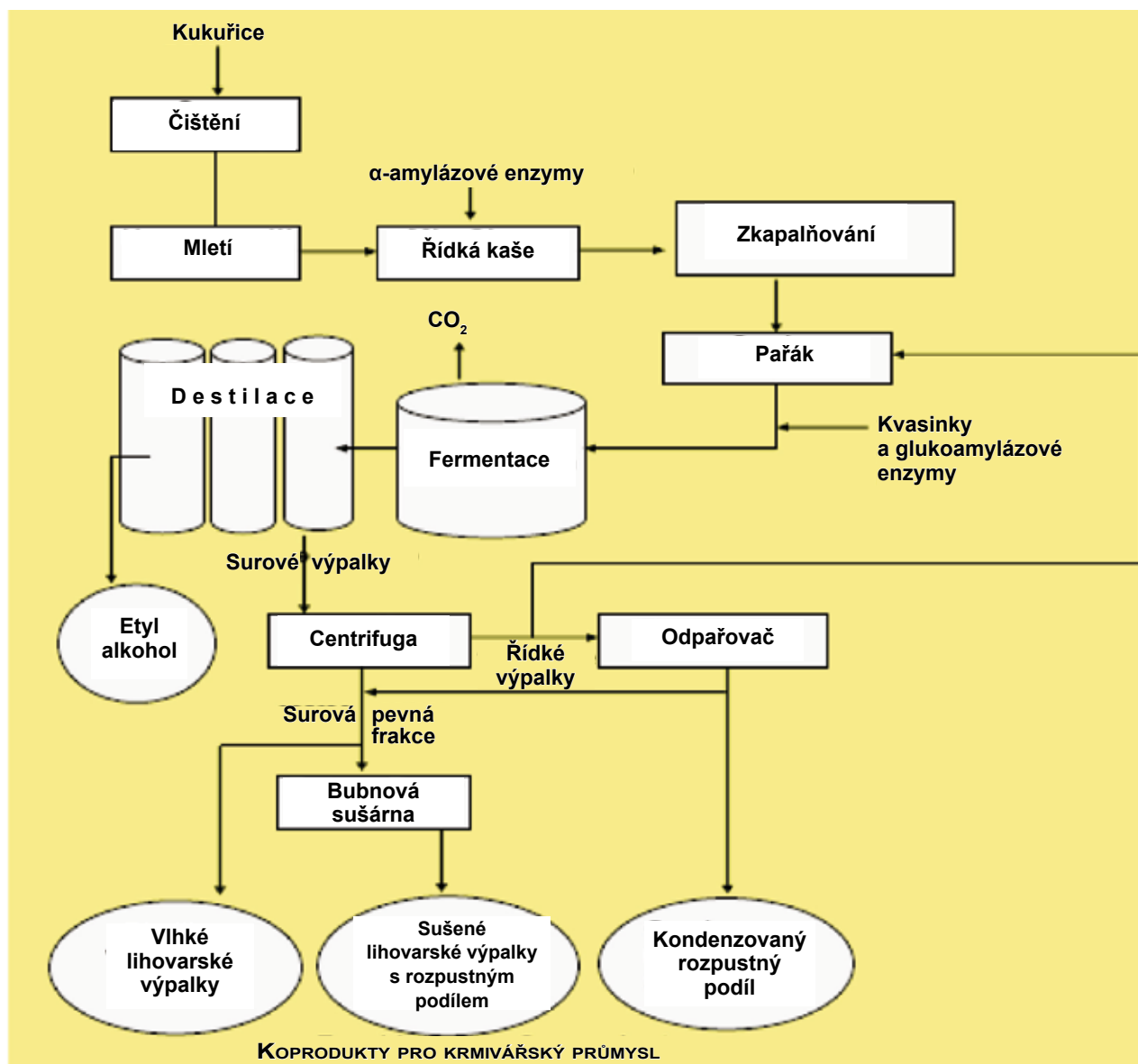
Z destilačního zbytku – výpalků – jsou následně odděleny pevné částice (otruby, pšeničné klíčky a nerozpustné bílkoviny, pocházející z pšenice i z kvasinek z fermentace) od tekuté části. Jedna polovina tekuté části výpalků se vrací zpět do procesu výroby lihu do fermentoru, druhá polovina je speciálně pro krmivářské účely zušlechťena ve zvláštním výpalkovém fermentoru a sekundárně obohacena o biomasu kvasinek; následuje zahušťování na odparkách a smíchání s výlisky pevných částí. Takto získaná směs je dosušena ve speciálních sušárnách na sušinu cca 93 %. Čerstvé anebo usušené výpalky se používají jako krmivo. Tekuté výpalky lze využít také k výrobě bioplynu nebo k hnojení a mulčování rostlin (26).

3.1 Výroba etanolu ze suché kukuřičné mouky

Současná konstrukce komerčně využívaných zařízení produkujících etanol je převážně založena na zpracování suché mouky (obr. 5), protože tento typ technologie se vyznačuje vyšší výtěžností etanolu – nové továrny dokáží podle

RENDLEMANA (91) vyprodukovat z 1 bušlu (35,23 l) kukuřice 10,60 l etanolu, zatímco továrny fermentující mokré zrna pouze 10,22 l etanolu.

Obr. 5 Technologický proces výroby etanolu ze suché kukuřičné mouky (101)



Vedlejšími produkty vznikající při tomto výrobním procesu jsou:

- vlhké (WDG nebo WCDG) a sušené lihovarské výpalky (DDG),
- vlhké (WDGS) a sušené lihovarské výpalky s rozpustným podílem (DDGS),
- „vlhké pokrutiny“ (wet cake) – směs destilovaných zrn a výpalků, cca 50 % vlhkost – omezená trvanlivost,
- kondenzovaný rozpustný podíl (CDLS) – často zvaný „sirup“.

Některé relativně nové továrny v USA jsou designovány a postaveny bez sušáren. Výsledkem je, že je přibližně 40 % výpalků s rozpustným podílem ztržňováno v podobě vlhkého produktu v nepříliš vzdálených chovech dojníc

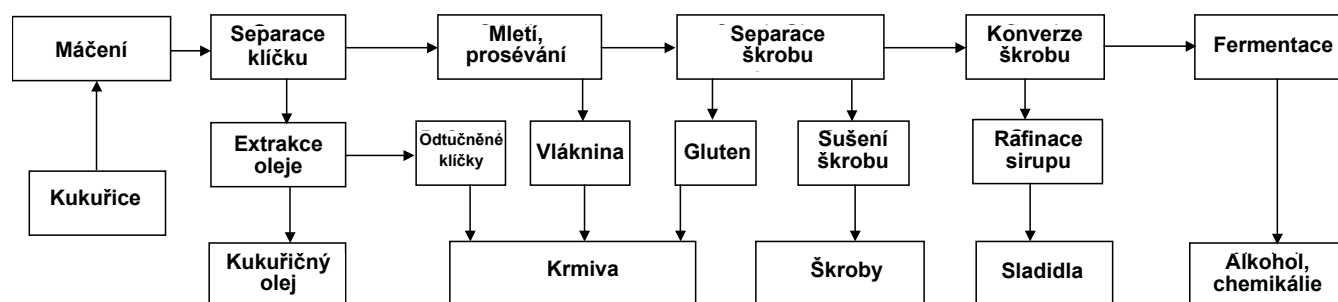
a výkrmných skotu (feedlotech). Zbývajících 60 % výpalků s rozpustným podílem je usušeno (DDGS) a ztržňováno na domácím i zahraničním trhu pro zařazení do krmných diet dojníc a skotu ve výkrmu (80 %), prasat, drůbeže, koní a akvakultur (částečná náhrada rybí moučky) (93).

Lihovary preferují prodej vlhkých produktů z důvodu rostoucích nákladů na energie spojených se sušením rozpustného podílu. Na druhé straně američtí výrobci vepřového masa hledají způsoby jak ušetřit náklady na krmení vyvolané vysokými cenami krmných přísad. Jednou z možností je mokré krmení prasat, kde je možné využít relativně nízké ceny vlhkých vedlejších produktů z výroby etanolu (101).

3.2 Výroba etanolu z mokré kukuřičné mouky

Výrazně méně je zastoupena metoda výroby etanolu z vlhkého zrna (obr. 6). Kukuřičné zrna se namáčí do roztoku vody a oxidu siřičitého na 30 až 40 hodin (může trvat i kratší dobu, závisí na množství použitých enzymů) ve speciálním tanku, což zvyšuje konstrukční náklady v porovnání s fermentací suchého zrna. Následně je oddělena vláknina, bílkovina a klíčky, ze kterých se ještě extrahuje kukuřičný olej (jeho separace zlepšuje tekutost DDGS). Zbývající moučka se smíchá s vlákninou a za pomoci páry vzniká produkt označovaný jako kukuřičné krmivo (CGF). Bílkovina může být také separována a prodávána jako kukuřičná bílkovinná moučka (CGM). Jedná se o vynikající produkt pro výživu hospodářských zvířat s obsahem proteinu okolo 60 %.

Obr. 6 Výroba etanolu a vedlejších produktů z vlhké kukuřičné mouky (119)



Zdroj: Informa Economics et al., Biobased Multi-Client Study, March 2006

Finálními vedlejšími produkty v tomto případě jsou:

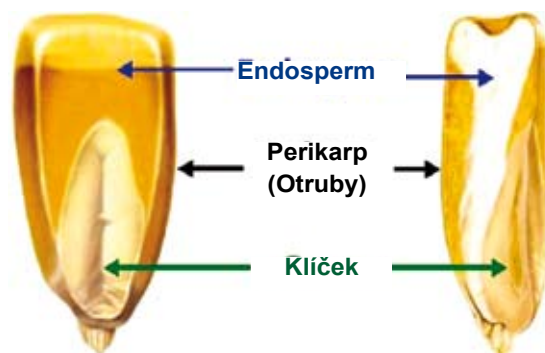
- kukuřičná bílkovinná moučka,
- kukuřičné bílkovinné krmivo,
- kukuřičný olej,
- sirup s vysokým obsahem fruktózy,
- kondenzovaný fermentační extrakt,
- namáčecí voda – atraktivní produkt pro použití v systému mokrého krmení prasat.

3.2.1 Nové biorafinační metody

Protože technologie fermentace vlhkého zrna umožňuje produkci celé řady vedlejších produktů, musí si továrny fermentující suché zrna pro udržení svojí konkurenceschopnosti, zlepšení rentability výroby a její trvalé udržitelnosti osvojit strategii zlepšených technologických postupů, která spočívá v produkci výrobků vyšší hodnoty.

1 Technologie hydrolýzy škrobu

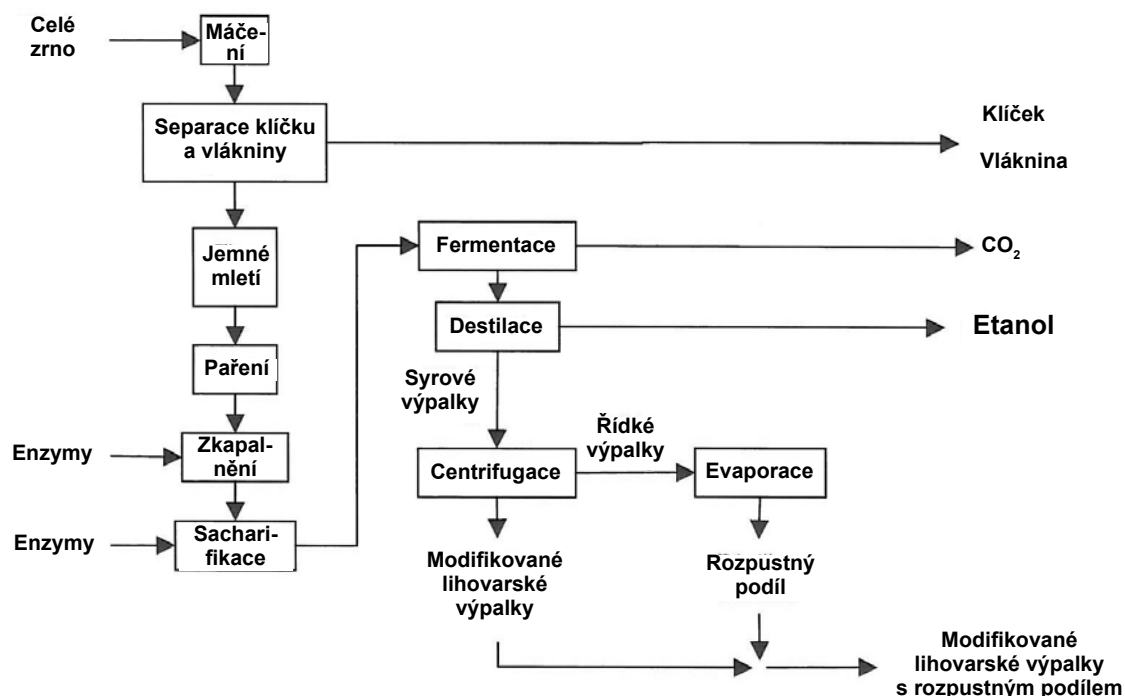
Zapárka šrotovaného zrna nutná ke ztekucení škrobu je energeticky velmi náročným krokem a přináší některé nežádoucí vedlejší efekty. Např. následkem Maillardovy reakce (která limituje dostupnost sacharidů a proteinu) může vzniknout více nežádoucích produktů jako glycerol (vysoká smáčivost glycerolu limituje sušící proces DDGS). Zapárka může být nahrazena metodou hydrolýzy škrobu, nazývané také jako studená hydrolýza, při které enzymy dokáží hydrolyzovat škrob aniž by musel předtím projít zapárkou. Pomocí této metody je možné vyrobit DDGS výrazně vyšší kvality (vyšší podíl proteinu) a současně snížit energetickou náročnost procesu sušení (HDG výpalky). Modifikované DDGS mohou být prodávány jako prémiový produkt díky exaktnímu obsahu proteinu (91).



2 Modifikovaný technologický postup při výrobě etanolu ze suchého zrna

Modifikovaný proces výroby etanolu fermentací suchého šrotovaného zrna byl vyvinut v devadesátých letech minulého století s cílem zvýšit kvalitu etanolu a vedlejších produktů vyrobených v tradičních lihovarech (obr. 7). Během tohoto procesu jsou ze zrna odděleny (frakcionace zrna) před fermentací klíčky a vláknina. Endosperm je fermentován na etanol. Protože většina vlákniny a klíčku nejsou fermentovatelné na etanol, je proces výroby etanolu výrazně efektivnější. Experimentálně bylo prokázáno, že tento proces dokáže zhodnotit neškrobové složky před fermentací a z velké míry redukovat množství destilovaných zrn po fermentaci (94).

Obr. 7 Modifikace výrobního procesu etanolu ze suchého šrotu (119)



Hlavní podíl na snižování nákladů na výrobu etanolu však dosud jde na vrub automatizace výrobních závodů a optimalizace již existujících výrobních procesů. Plánované využití nových technologií, které již v roce 1993 vytýčila **Economics Research Service** amerického ministerstva zemědělství, jakými jsou např. membránová filtrace a imobilizace kvasinek v gelovém substrátu (nerozšířily se v praxi); technologie bakteriální fermentace a konverze kukuřičné vlákniny na etanol (konverze celulózy) se dosud nepodařilo komerčně využít, ale jejich potenciál je příslibem do budoucnosti (RENDLEMAN, 2008).

4 SUROVINY NA VÝROBU BIOETANOLU

Spektrum výchozích surovin na výrobu bioetanolu je široké a závislé hlavně na možnostech pěstování jednotlivých plodin v dané zeměpisné oblasti.

Výchozí suroviny na výrobu bioetanolu:

- ▶ S obsahem sacharidů a škrobů
 - obiloviny - kukuřice, pšenice, tritikale, čirok, ječmen, ale i rýže,
 - cukrová třtina,
 - okopaniny – cukrová řepa, brambory, maniok.
- ▶ S obsahem celulózy
 - Proso prutnaté, rychle rostoucí dřeviny, biomasa posklizňových a jiných rostlinných zbytků, miscantus, jatropa atd.

V podstatě jsou pro výrobu bioetanolu použitelné všechny rostlinné suroviny obsahující sacharidy. Na rozdíl od USA (kukuřice) a Brazílie (cukrová třtina) tvoří surovinovou základnu pro výrobu etanolu v EU široká paleta různých produktů. Mnoho evropských továren je schopných zpracovat různé suroviny, takže provozovatelé mají při nákupu větší možnosti (SCHRAA 2009).

Rozhodujícími faktory pro výběr výchozí suroviny jsou:

- ▶ výnos plodin,
- ▶ výtěžnost lihu z hektaru,
- ▶ cena,
- ▶ náklady na jednotku produkce,
- ▶ dostupnost suroviny.

Výtěžnost bioetanolu z uvedených surovin v moderních lihovarech podle údajů ZIGGERSE (2007) dosahuje 336 litrů bioetanolu z 1 tuny kukuřice, 302 litrů z 1 tuny pšenice a 83 litrů z 1 tuny cukrové řepy. Vedle výtěžnosti mají pro výběr obilné suroviny na výrobu etanolu velký význam také použitelná množství a ceny surovin. K výrobě jedné tuny bioetanolu ze pšenice je potřeba 3,3 tun zrna, což představuje v Evropě při výnosu 8,25 t/ha potřebnou plochu 0,4 ha.

Požadavky na odrůdy

Šlechtění a vývoj optimálních odrůd pro výrobu bioetanolu s sebou přináší vedle již známých cílů šlechtění (výnos, pevnost atd.) také některé nové, povšimnutí hodné, parametry jako je vysoký obsah škrobu nebo vysoká výtěžnost etanolu. Jako nejvíce vypovídající parametr pro vhodnost nějaké odrůdy k výrobě etanolu se ukazuje výnos bioetanolu na plochu. Ten se udává jako výnos zrna/ha a výtěžnost etanolu, přičemž v první řadě je rozhodující výnos zrna. Fermentační kvalita obilí je definována jako výtěžnost bioetanolu na jednotku hmotnosti suroviny. Výživové fyziologické nebo pekárenské parametry kvality jsou z lihovarnického hlediska nedůležité.

Na základě negativní korelace mezi obsahem bílkoviny a škrobu se ve výrobě etanolu požadují odrůdy s nízkým obsahem bílkoviny v zrna a s vysokým obsahem škrobu. Pro zvláště na škrob bohaté partie lze zaručit cenové příplat-

ky. Provedené pokusy jednoznačně prokázaly, že u tritikale je procento škrobu vyšší o 3°. Znamená to zaměřit se na větší osevní plochy tritikale. Obsah bílkoviny a výnos zrna rovněž korelují negativně. Proto také existuje požadavek na velmi vysoký výnosový potenciál, který by se již měl přednostně realizovat s relativně nízkou nabídkou dusíku. Naštěstí jsou zde v souladu zájmy životního prostředí (snížené používání dusíkatých hnojiv) s požadavky zemědělců (vyšší plošné výnosy, vysoká účinnost dusíku) a průmyslu (vysoké obsahy škrobu, nízké náklady na surovinu).

Zvláště velký význam se přitom přikládá toleranci vůči fusáriu, neboť ve výrobním procesu bioetanolu dochází k 2,5 až trojnásobnému zvýšení koncentrace mykotoxinů z obilné suroviny na krmivo DDGS [z 1 t obilí vznikne vedle téměř 400 l (cca 360 kg) alkoholu a přibližně 330–350 kg sušených lihovarských výpalků, které obsahují všechny mykotoxiny výchozího produktu].

Podle složení sacharidů u jednotlivých druhů obilovin je nutné očekávat rozdílné velikosti přeměny na fermentovatelné cukry a následnou výtěžnost etanolu.

Výtěžnost etanolu z různých druhů obilí

	Alkohol, l/t sušiny	Škrob, % v sušině
Pšenice	422–468	66,2–72,5
Tritikale	432–449	67,5–72,0
Žito	422–500	63,0–68,0

Pramen: BAYWA AG, Dr. Rosenberger, Analýzy ze sklizně 2003 a 2004 (Steinhöfel 2006)

Maximální teoreticky možné množství alkoholu je 56,7 kg nebo 62,2 l etanolu na 100 kg škrobu. Podle dosavadních zkušeností, především z Německa, přitom poskytuje nejvyšší výtěžnosti pšenice následovaná tritikale (STEINHÖFEL 2006). Kvůli výrazně vyšším obsahům neškrbových sacharidů (β -glukan, fruktan, arabinoxylan, hemicelulóza) jsou žito a také ječmen o něco níže v množstvích alkoholu, která se mohou vyrobit podle množství jednotky sušiny obilí. Jako další zápor ječmene je nutno uvést vyšší podíl hrubé vlákniny, která má jako doprovodný produkt za následek nižší krmnou hodnotu vznikajících sušených lihovarských výpalků.

Z hlediska nutriční hodnoty se v obilovinách pro krmné účely z důvodu vyššího obsahu lyzinu nejvíce cení obsah albuminů a globulinů, které patří do skupiny zásobních katalytických bílkovin (jsou součástí enzymů, enzymatických inhibitorů). Tritikale má oproti pšenici a ječmenu vyšší obsah albuminové a globulinové frakce. Jejich obsah je podmíněn geneticky, tudíž jde jen velmi málo ovlivnit podmínkami pěstování a agrotechnikou. Zásobní bílkoviny tvoří frakce prolaminů (u pšenice gliadinů, u ječmene hordeinů) a gluteninů. Ty jsou z hlediska krmné hodnoty nežádoucí (nejméně žádoucí), naopak u potravinářské pšenice jsou velmi žádoucí. Tyto bílkovinné frakce jsou nerozpustné a u monogastričních zvířat procházejí mnohdy zažívacím traktem bez užitku v podobě shluků a u drůbeže dokonce způsobují zdravotní problémy (138).

Ve Spojených státech většina vedlejších produktů vzniká při fermentaci kukuřice, ale v malém měřítku se používá k výrobě biolihu i čirok, pšenice nebo směsi různých druhů obilovin (URRIOLA et al. 2009; STEIN et al. 2009). V letošním roce bude celá jedna třetina úrody kukuřice využita k výrobě etanolu (SCHRAA 2009). I když americké ministerstvo zemědělství již v roce 1993 vytýčilo jako jeden z hlavních úkolů zavádění speciálních hybridů kukuřice vyšlechtěných na vyšší obsah škrobu, jejich využití se dosud nerozšířilo (RENDLEMAN 2008).

Diagram 1 Výtěžnost rozkladu kukuřičného zrna na etanol, CO₂ a DDGS (73)



Výsledky z USA a Kanady prokazují, že modifikované odrůdy kukuřice dávají vysoké výnosy 8–10 t z hektaru a tím se zvyšuje efektivnost produkce. Důležité je, aby se obsah škrobu pohyboval na dostatečné úrovni (70 % v sušině) (124).

Bioetanol z obilovin vyrábí v Německu v současné době 4 podniky. Nejdůležitější surovinou byla dosud pšenice, ječmen a kukuřice. Podíl obilovin tvořil 61 %. V roce 2008 bylo zpracováno na biolih také 567 200 tun melasy a koncentráty ze zpracování cukrovky, což představuje přibližně sedminásobný nárůst v porovnání s rokem 2007 (SCHRAA 2009).

Produkce bioetanolu ze žita je sice technicky nejnáročnější, žito ale poskytuje k výrobě nejvhodnější škrob, uvedl Dr. Bernard Klotz, jednatel firmy MBE v německém Zörbigu. Obilí pro výrobu bioetanolu se může pěstovat na plochách pro tržní plodiny, na plochách uvedených do klidu nebo na plochách, na které je možno získat subvenci za energetické plodiny. U ploch uvedených do klidu je, tak jako u řepky pěstované jako obnovitelný druh suroviny, potřebná smlouva o pěstování a odběru mezi zemědělcem a výkupním podnikem. Pro výrobu bioetanolu se proto také nemůže prodávat žádné odpadní obilí (81, 102).

Pro výrobu bioetanolu by ve Spojených státech měly být do budoucna více využity alternativní suroviny jako je sláma a dřevní hmota rychle rostoucích dřevin; spotřeba kukuřice by měla stoupat i nadále, ale již ne tak rychle. V průběhu příštích deseti let by se měla podle odhadů USDA vyšplhat spotřeba kukuřice pro produkci biolihu o 38 % na téměř 130 mil. tun. Mnoho expertů na mezinárodní trhy se však domnívá, že tento trend bude mít negativní dopad na globální trh s kukuřicí, zejména když se počítá s výrazným posílením produkce biopaliv i v ostatních zemích (SCHRAA 2009).

V našich podmínkách je cukrovka nejefektivnější plodina z pohledu výkonu fotosyntézy a obsahuje přímo zkvasitelný cukr a za druhé proto, že cena a nedostupnost rafinovaného cukru ve světě klesá, takže je třeba hledat i jiné možnosti využití cukrovky. Na druhém místě pak je výroba lihu z obilovin včetně kukuřice; výkon fotosyntézy je příznivější u kukuřice, pšenice a tritikále před ostatními druhy obilovin.

Když není schopen trh pohltit zemědělskou produkci v oblasti výživy obyvatelstva, tak se musí zemědělci zaměřit na jiný druh činnosti, a to nejen na agroturistiku, ale i na nepotravinářskou produkci – výrobu biopaliv (31).

5 VYUŽITÍ VEDLEJŠÍCH PRODUKTŮ VÝROBY ETANOLU VE VÝŽIVĚ HOSPODÁŘSKÝCH ZVÍŘAT

Používání lihovarských výpalků jako krmiva pro hospodářská zvířata má dlouhou tradici. Dříve se dostávaly regionálně významné lihovarské výpalky do žlabu vždy čerstvé (tekuté a horké). Z důvodu vysokého obsahu vody, vysokých vyskladňovacích teplot (více než 50 °C) a vysoké rozpustnosti enzymů složek buněčné stěny a zbytků kvasinek se čerstvé lihovarské výpalky snadno kazily.

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 (114). Proto na trh přišly sušené lihovarské výpalky (obsah sušiny 88 až 93 %) a jako lisované lihovarské výpalky (35 až 40 % sušiny) (81).

Vznik průmyslu výroby palivového bioetanolu ve Spojených státech během několika uplynulých dekad dramaticky zvýšil celkový objem lihovarských koproduktů (109).

Podle **Informa Economics** bylo v USA v roce 2008 vyrobeno 26 mil. t DDGS a 29 až 30 mil. t se očekává podle prognózy v roce 2009 (10% nárůst každý rok). Kontinuálně se zvyšuje i objem exportu DDGS, v roce 2008 to bylo 4,5 mil. t (v roce 2007 pouze 2,3 mil. t) (121). Převážná část DDGS vzhledem k nízkému obsahu proteinu a vysokému obsahu vlákniny směřovala do výživy masného skotu a dojníc (103). V posledním období, kdy se zvyšuje a modernizuje výroba etanolu, se stále větší množství výpalků zkrmuje i drůbeží a prasatům (51).

Podle prognóz **Centra pro výzkum trhu univerzity** v Iowě by mělo zpracováním sklizně obilovin v sezoně 2010/2011 na výrobu etanolu vzniknout 36 mil. t sušených výpalků, které by mohly nahradit až 2 mil. ha sójových bobů, které slouží jako zdroj proteinu pro hospodářská zvířata (36). Experti se domnívají, že největší perspektivu a potenciál růstu mají trhy s krmivem v EU a v Asii, zejména v Číně, která sice sama produkuje signifikantní množství DDGS, tyto se však vyznačují nižším obsahem oleje a nižší energetickou hodnotou v porovnání s výpalky americké provenience (89, 61). Podle experta Caryho Sifferaha z Grains Council by letos z USA mělo do Číny celkem zamířit až 350 000 tun DDGS. Největšími odběrateli DDGS jsou zde chovatelé brojlerů, nosnic, kachen, dojníc a zájem začali poprvé projevovat i chovatelé prasat (42).

CLEMENS a BABCOCK (2008) hodnotili výsledky krmivářských pokusů se zařazením DDGS do krmných dávek hospodářských zvířat a zkoumali jak se mění spotřeba DDGS v USA v závislosti na nárůstu objemu jejich produkce. Na základě sumarizovaných výsledků navrhuji jako přiměřené tyto podíly DDGS:

- ▶ 30 až 50 % masný skot a skot ve výkrmu,
- ▶ 20 až 25 % dojený skot,
- ▶ 20 % prasata,
- ▶ 15 % drůbež.

Ve skutečnosti je však podíl zařazovaných DDGS mnohem nižší, jako hlavní důvod uvádějí američtí farmáři nedostatky v jejich dostupnosti. Do budoucna by mělo odvětví živočišné výroby dokázat absorbovat narůstající množství DDGS (45).

Aby bylo možné tyto nové produkty uplatnit ve výživě zvířat, musí vědci pracovat na stanovení nutriční hodnoty těchto koproduktů s ohledem na stravitelnost energie a živin. Další krok spočívá v determinaci množství těchto koproduktů výroby lihu, které je možné zařadit do krmných diet jednotlivých druhů a kategorií hospodářských zvířat s cílem dosáhnout maximálního zlepšení užitkovosti, aniž by současně došlo k redukci kvality finálního produktu. Vliv zařazení vedlejších produktů z výroby etanolu je nutné dokumentovat u každého produktu zvlášť (109).

Definice produktů

Nejfrekventovanější jsou sušené lihovarské výpalky s rozpustným podílem (DDGS), které jsou podle definice produktem, který obsahuje všechna vypálená zrna a minimálně 70 % kondenzovaného rozpustného podílu po fermentaci. Pokud se rozpustný podíl nepřidává zpět k zrnu, nazývá se výsledný produkt sušené lihovarské výpalky (DDG) (132). V případě, že je zrno 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 v porovnání s konvenčními DDGS. Kukuřičné klíčky odstraněné z kukuřičného zrna mohou být také zkrmovány, ale tento produkt je charakteristický relativně vysokým obsahem neškrobnatých polysacharidů (6). V případě, že je z DDGS extrahován olej, obsahuje finální produkt méně éterového extraktu a proto také méně energie než konvenční DDGS (110). Pokud je z DDGS odstraněna vláknina, bývá výsledný produkt označován jako E-DDGS. Tento produkt obsahuje přibližně v průměru 37 % proteinu (77), o 10 % neškrobnatých polysacharidů méně, o 6–7 % více stravitelné energie (DE) a metabolizovatelné energie (ME) než konvenční DDGS (106).

Nutriční složení výpalků ovlivňují zejména tyto dva hlavní faktory:

- ▶ výchozí surovina – druh, regionální vlivy, odrůda, agrotechnika, zaplísnění,
- ▶ použitý technologický postup - druh použitých kvasnic, účinnost destilace a fermentace, teplota a doba sušení, podíl rozpustné frakce.

V zemědělském sektoru je běžně používáno k analytickému stanovení DDG mnoho laboratorních technik, které způsobovaly značnou mezilaboratorní variabilitu. Metody pro stanovení vlhkosti, proteinu, tuku a vlákniny jsou založeny na zkušenostech a proto část z této variability může být způsobena použitím různých analytických metod. **Asociace amerického krmivářského průmyslu** (AFIA) proto provedla analýzu laboratorních metod a na základě jejích výsledků doporučila ke komerčnímu využití takové metody, které by měly přispět ke snížení analytických odchylek u sušených lihovarských výpalků (1).

Pro využití výpalků ve výživě hospodářských zvířat je nutné znát obsah živin, který může být v různých podnicích odlišný a kolísat i v rámci jednotlivých podniků a v závislosti na každé výrobní šarži (108). Kvalita jednotlivých typů DDGS je velmi odlišná. Rozdíly jsou v nutriční hodnotě (tab. 3), velikosti částic, rozsahu tepelného zpracování, barvě apod.

Tab. 3 Porovnání variability (CV, %)¹ u vybraných živin v DDGS a sójové moučce z různých zdrojů

Živina	DDGS	Sójová moučka
Dusíkaté látka, %	4,5	2,3
Tuk, %	17,1	74,9
Vláknina, %	18,9	9,5
Popeloviny	27,2	6,6
Lyzin, %	12,1	3,0
Methionin, %	8,5	5,3
Threonin, %	5,8	4,2
Tryptofan, %	12,0	7,3
Vápník, %	117,5	25,8
Fosfor, %	19,4	9,1

¹ CV – variační koeficient = (směrodatná odchylka/průměr) x 100

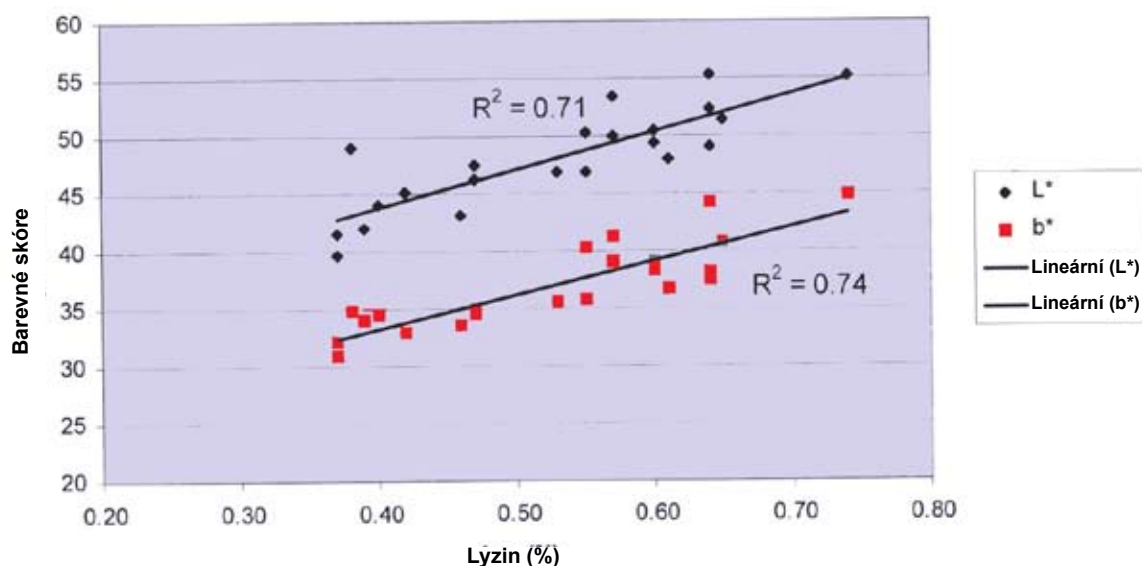
Variabilita produktu:

- ▶ obsah živin,
- ▶ stravitelnost živin,
- ▶ senzorické vlastnosti,
 - barva,
 - barva jako indikátor stravitelnosti aminokyselin,
 - vůně,
- ▶ fyzikální vlastnosti,
- ▶ velikost částic,
- ▶ objemová hmotnost.

Barva výpalků může být od světle zlaté až po tmavohnědou a vůně od sladké až po zakouřenou. NOLL et al. (2003) prokázali, že barva kukuřičných výpalků vysoce koreluje se stravitelností lyzinu u drůbeže (obr. 8). Tmavě zbarvené výpalky mají nižší stravitelnost aminokyselin než výpalky světlé barvy. Tento fakt je pravděpodobně zapříčiněn způsobem technologického zpracování, kdy se v průběhu sušení použije příliš vysoká teplota, což může snižovat dostupnost lyzinu (vlivem Maillardovy reakce) a může nastat i částečná destrukce cysteinu a dalších aminokyselin.

Barva DDGS nové generace je nejčastěji zlatá a koreluje s vyšší stravitelností aminokyselin pro prasata a drůbež, u kterých je obsah aminokyselin a jejich stravitelnost o mnoho důležitější než obsah celkových N-látek (117).

Obr. 8 Regrese mezi stravitelným lyzinem (%) a barvou (L^* – světllost, b^* – jasnost)



Zdroj: NOLL (2003)

Měření barvy výpalků pomocí spektrofotometru (Minolta L^* nebo HunterLab) může predikovat stravitelnost lyzinu v DDGS (FASTINGER a MAHAN 2006). Tmavě zbarvené DDGS se vyznačují nižší stravitelností lyzinu, která u prasat způsobuje redukci růstové užitkovosti v porovnání s prasaty krmenými výpalky světlejší barvy (103). Stanovení optické hustoty a fluorescence může mnohem přesněji predikovat stravitelnost lyzinu a dalších aminokyselin v DDGS v porovnání s měřením barvy pomocí spektrofotometrických přístrojů Minolta a HunterLab (URRIOLA et al. 2009). Barva DDGS může být také predikována na základě měření hladiny ADIN (acid detergent insoluble nitrogen – acido-detergentní nerozpustný dusík).

Kuřata krmená dietou s obsahem DDGS s nízkou hodnotou ADIN dosahovala vyšší užitkovosti ve srovnání s kuřaty krmenými dietami s DDGS s vyšší hodnotou ADIN (CROMWELL et al. 1993). Enzymové testy jako je IDEA (immobilized digestive enzyme assay – test imobilizovaných trávicích enzymů) a pepsin-pankreatin test (PEDERSEN et al. 2007; SCHASTEEN et al. 2005) nebo reaktivní lyzinová metoda (PAHM et al. 2008) jsou slibnými metodami in vitro, s jejichž pomocí bude možné predikovat koncentraci stravitelných dusíkatých látek a aminokyselin v DDGS, ale přesnost těchto metod ještě není dostatečně potvrzena (STEIN et al. 2009).



I když se barva výpalků jeví jako dobrý predikant stravitelnosti lyzinu v kukuřičných DDGS, není dobrým predikantem v případě stravitelnosti lyzinu u DDGS z jiných druhů obilovin. Bohužel není k dispozici rychlý, přesný a cenově přijatelný test, s jehož pomocí by bylo možné determinovat stravitelnost DDGS. Komerční výroby krmiv, když

nakupují DDGS z továren na výrobu etanolu, musí tento produkt blíže specifikovat a označit ho jako „zlaté DDGS“ a na základě tohoto kritéria hledat dodavatele, který splní jejich požadavky (SHURSTON 2005).

Existuje také velká variabilita **velikosti částic** mezi jednotlivými zdroji DDGS, která se může pohybovat od 200 až do 2 100 mikronů. Výrobní krmiv se brání nakupovat DDGS s velmi malým průměrem částic, protože takové DDGS působí problémy v zásobnících a dávkovačích krmiva. Stejně tak odmítají i DDGS s velkou průměrnou velikostí částic, která je způsobena přítomností kuliček sirupu, protože ty mohou způsobovat segregaci složky v kompletním krmivu (99). Tekutost DDGS je signifikantním problémem mnoha průmyslových závodů na výrobu etanolu. Velikost částic, množství reziduálního cukru a nedostatečné ochlazení DDGS před nakládáním ovlivňují schopnost DDGS vytékat ze zásobníků, nákladních automobilů, vagónů a kontejnerů (94). Tento problém je závažnější v období letních měsíců. Horké a vlhké počasí často způsobí signifikantní zvýšení nákladů na pracovní sílu a velké škody (tvrzení a spékání během skladování a přepravy). Existuje několik kroků, které mohou zlepšit průtokové charakteristiky DDGS, podle expertky BATAL (7) z University of Georgia by ale většina z nich měla být realizovaná v továrnách na výrobu etanolu. Nejefektivnějším krokem je ponechat DDGS ve skladu do té doby, než dojde k vyrovnání vlhkosti.

Objemová hmotnost DDGS je relativně malá – 528 až 593 kg/m³ v porovnání s kukuřicí nebo jinými krmnými složkami a poměrně variabilní (122). V důsledku toho dochází k navýšení přepravních nákladů na jednotku živin. Diety obsahující DDGS jsou objemnější, s každými 10 % DDGS zařazenými do diety dochází k 3% nárůstu objemu diety v porovnání s dietami na bázi kukuřice a sóji (113). Pokusy zvýšit objemovou hmotnost peletováním nebyly příliš úspěšné díky nedostatku škrobu a relativně vysokému obsahu tuku a vlákniny. Samozřejmě peletizace zvyšuje cenu finálního produktu. Některé výrobní krmných směsí nechtějí DDGS zařazovat do peletovaných diet, protože signifikantně redukuje propustnost výrobního zařízení (99). Uživatelé uvádějí, že pokud je hladina DDGS v krmných dietách 5 až 7 %, průchodnost a kvalita pelet trpí (BATAL 2009). Přijatelnou kvalitu pelet je možné získat smícháním tohoto produktu s jinými ingrediencemi, jako jsou např. sójové otruby, tím ale zase dochází ke změně živinového složení ve finálním produktu a to může odradit případné zájemce (110). Peletizace je ale slibný postup, který by měl vyřešit problém s kažením DDGS, jejich tvrzením a spékáním během přepravy a skladování; obzvláště v době, kdy se zásoby tohoto produktu stále zvyšují a podniky na výrobu etanolu ho musí za účelem ztržnění přepravovat na větší vzdálenosti, má peletizace DDGS budoucnost (ROSETRATER, 2007). Peletizace by také měla umožnit zvýšení celkového podílu zkrmených DDGS (DALE 2007).



Ilustrační foto

Pro snížení variability ve složení DDGS odborníci proto navrhuji:

- ▶ stanovit zdroje s komplexním programem pro zajištění kvality výpalků, především ISO 9 000 a HACCP,
- ▶ omezit počet užívaných zdrojů,
- ▶ při sestavování krmných dávek vždy zjišťovat hodnotu živin u dodavatele,
- ▶ požadovat trvalou kvalitu a obsah živin z každého zdroje (HASTAD 2006).

Protože DDGS obsahují poměrně vysoké množství tuku a nenasycených mastných kyselin (3–12 %) může dojít při delším skladování ke zhoršení jejich kvality (zatuchlá chuť). Vzhledem k těmto skutečnostem by skladování DDGS v zimě nemělo překročit 6 měsíců a v létě 2 měsíce (84).

5.1 Živinové složení a stravitelnost energie a živin

Obsah živin v DDGS je charakterizován použitým druhem výchozí suroviny, ale variabilita chemického složení mezi jednotlivými provozy se liší (108). Analyzované koncentrace energie a živin ve vybraných vzorcích DDGS a jejich stravitelnost u prasat jsou prezentovány v tabulkách 4 až 7 (STEIN 2009).

5.1.1 Koncentrace a stravitelnost dusíkatých látek

Nejdůležitější složkou jsou dusíkaté látky, přičemž zhruba polovina bílkovinné složky výpalků je rostlinného původu (bílkovina obilních zrn) a polovina je tvořena biomasou kvasinek. Koncentrace a standardizovaná ileální stravitelnost aminokyselin byly kvantifikovány ve 39 zdrojích kukuřičných DDGS, jednom zdroji čirokových DDGS a 2 zdrojích pšeničných DDGS (tab. 4). Výsledky prokázaly, že i když se jedná o stejný druh suroviny, existují rozdíly ve stravitelnosti aminokyselin v jednotlivých vzorcích DDGS (STEIN et al. 2007, 2008; FASTINGER a MAHAN 2006; URRIOLA et al. 2009). To platí zejména pro lyzin, který se vyznačuje ještě větší variabilitou než ostatní esenciální aminokyseliny (FASTINGER a MAHAN 2006; STEIN 2008). Důvodem tak velké variability ve stravitelnosti lyzinu v porovnání s ostatními aminokyselinami u jednotlivých DDGS je pravděpodobně termické poškození v průběhu výrobního procesu (SHURSON et al. 2007; STEIN et al. 2007), protože lyzin je extrémně tepelně senzitivní. Během procesu sušení může proto dojít k signifikantnímu poklesu stravitelnosti lyzinu (BATAL 2009). 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 lyzinu se variabilita stravitelnosti u jednotlivých aminokyselin v různých zdrojích DDGS pohybuje v obdobném rozpětí jako je tomu i u jiných krmných složek. Často souvisí nízká stravitelnost lyzinu s jeho nízkou koncentrací, jejíž příčinou je vzájemný poměr mezi lyzinem a dusíkatými látkami (111).

Zdánlivě limitujícími aminokyselinami v případě zkrmování DDGS jsou lyzin, methionin, threonin a tryptofan, ty se ale mohou dodávat v syntetické podobě. Skutečně limitujícím faktorem jsou proto aminokyseliny jako valin, isoleucin apod., které není možné dodávat v krystalické podobě. V nízkoproteinových dietách to může být limitujícím faktorem, proto je možné v případě těchto diet doporučit suplementaci krmných diet DDGS pouze v maximálním množství 5 % (126).

Stravitelnost aminokyselin v čirokových a v pšeničných DDGS se blíží hodnotám naměřeným v kukuřičných DDGS (URRIOLA et al. 2009).

Tab. 4 Koncentrace a standardizovaná ileální stravitelnost (SID) dusíkatých látek a aminokyselin (AK) ve třech různých druzích DDGS ve výkrmu prasat¹

	Koncentrace hrubého proteinu a AK, %			SID hrubého proteinu a AK, %		
	kukuřičné DDGS	čirokové DDGS	pšeničné DDGS	kukuřičné DDGS	čirokové DDGS	pšeničné DDGS
Dusíkaté látky	27,38	31,50	40,67	72,8	71,4	72,2
Esenciální AK						
Arginin	1,14	1,06	1,53	81,1	78,2	83,4
Histidin	0,71	0,68	0,92	77,1	70,6	74,2
Isoleucin	1,00	1,31	1,35	75,3	72,7	77,2
Leucin	3,11	4,02	2,66	83,5	76,3	81,4
Lyzin	0,76	0,66	0,65	60,6	62,0	47,7
Metionin	0,54	0,51	0,53	81,8	75,4	79,5
Fenylalanin	1,32	1,62	1,92	80,8	75,8	85,1
Threonin	1,04	1,03	1,21	70,4	68,6	72,5
Tryptofan	0,21	0,34	0,40	69,6	70,4	80,4
Valin	1,34	1,59	1,70	74,4	72,3	80,1

	Koncentrace hrubého proteinu a AK, %			SID hrubého proteinu a AK, %		
	kukuřičné DDGS	čirokové DDGS	pšeničné DDGS	kukuřičné DDGS	čirokové DDGS	pšeničné DDGS
Dusíkaté látky	27,38	31,50	40,67	72,8	71,4	72,2
Neesenciální AK						
Alanin	1,89	2,79	1,48	78,1	73,4	68,0
Asparagin	1,80	2,09	1,92	68,1	68,0	56,7
Cystein	0,52	0,47	0,73	72,5	65,6	71,6
Glutamin	4,24	6,08	9,81	80,4	75,5	86,3
Glycin	1,02	0,99	1,62	63,2	66,9	67,8
Prolin	2,06	2,41	4,11	74,1	83,1	81,0
Serin	1,14	1,35	1,88	75,9	72,5	77,0
Tyrozín	1,00	–	–	80,9	–	–

¹ Údaje o kukuřičných DDGS (39 zdrojů) STEIN et al. (2007, 2008); FASTINGER a MAHAN (2006); URRIOLA et al. (2009); PAHM et al. (2008). Údaje o čirokových DDGS (3 zdroje) URRIOLA et al. (2009). Údaje o pšeničných DDGS (2 zdroje) WIDYARATNE a ZIJSTRA (2008).

5.1.2 Koncentrace a stravitelnost energie

Průměrná hodnota celkové energie v DDGS je přibližně 22 751 kJ/kg sušiny. Tato hodnota je vyšší než koncentrace celkové energie v kukuřici, ale stravitelnost energie, měřená jako procento celkové energie, je v DDGS nižší než v kukuřici. Naměřená koncentrace stravitelné a metabolizovatelné energie v DDGS je 17 333 a 16 316 kJ/kg sušiny (PEDERSEN et al. 2007) (tab. 5). Hodnoty netto energie v DDGS dosud nebyly determinovány, ale vědci se je nyní snaží kvantifikovat. Publikované údaje o obsahu metabolizovatelné energie jsou rozporuplné, protože nejnovější odhady energie jsou podstatně vyšší než hodnoty, které uvádí NRC (1998) (14 407 kJ/kg DE a 12 694 kJ/kg ME).

Tab. 5 **Koncentrace energie v kukuřici a v 10 zdrojích kukuřičných DDGS zkrmených prasatům v předvýkrmu** (PEDERSEN et al. 2007)

	Kukuřice	DDGS		
		průměr	minimum	maximum
Celková energie, kJ/kg sušiny	18 824,0	22 751,0	22 073,0	23 413,0
ATTD ¹ energie, %	90,4	76,8,0	73,9	82,8
Stravitelná energie, kJ/kg sušiny	17 116,0	17 333,0	16 525,0	19 230,0
Metabolizovatelná energie, kJ/kg sušiny	16 701,0	16 316,0	15 382,0	18 154,0

¹ zdánlivá stravitelnost v celém trávicím traktu

5.1.3 Koncentrace a stravitelnost sacharidů a vlákniny

Protože je většina škrobu v zrna během fermentačního procesu konvertována na etanol, přechází do DDGS pouze malé množství škrobu (tab. 6). Vláknina konvertována není a proto DDGS obsahují přibližně 35 % nerozpustné a 6 % rozpustné vlákniny. Zdánlivá stravitelnost krmné vlákniny v celém trávicím traktu (ATTD) je 43,7 % a redukuje stravitelnost sušiny krmné dávky. Je také důvodem snížené stravitelnosti energie DDGS v porovnání s jinými krmnými složkami (127). Koncentrace různých frakcí vlákniny (neutrálnědetergentní, acidodetergentní vláknina a celková vláknina) je přibližně třikrát vyšší v DDGS a DDG než v kukuřičném zrna, ale HP-DDG a HP-DDGS obsahují méně vlákniny než DDGS a DDG, protože je zrno před fermentací zbaveno slupky (106).

Tab. 6 **Koncentrace škrobu a zdánlivá stravitelnost vlákniny v celém trávicím traktu (ATTD) ve zdrojích kukuřičných DDGS** (STEIN et al. 2009)

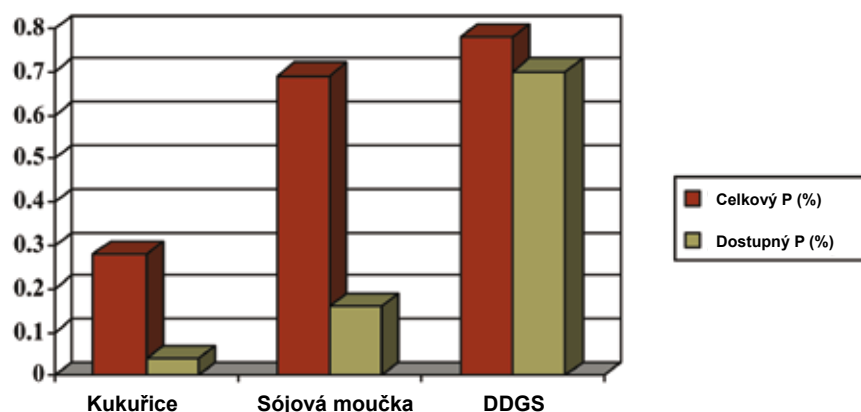
	Průměr	Minimum	Maximum	Směr. odch.
Celkový škrob, %	7,3	3,8	11,4	1,4
Rozpustný škrob, %	2,6	0,5	5,0	1,2
Ner rozpustný škrob, %	4,7	2,0	7,6	1,5
Acidodet. vláknina, %	9,9	7,2	17,3	1,2
Neutrálnědet. vláknina, %	25,3	20,1	32,9	4,8
Ner rozpustná vláknina, %	35,3	26,4	38,8	4,0
Rozpustná vláknina, %	6,0	3,36	8,54	2,1
Krmná vláknina, %	42,1	31,2	46,3	4,9
ATTD ¹ vlákniny, %	43,7	23,4	55,0	10,2

¹ zdánlivá stravitelnost v celém trávicím traktu

5.1.4 Koncentrace a stravitelnost fosforu

Koncentrace fosforu v DDGS se pohybuje od 0,60 do 0,70 % a zdánlivá stravitelnost fosforu v DDGS je přibližně 59 % (tab. 7). Tato hodnota je přibližně třikrát vyšší než v kukuřičném zrne, což je zřejmě způsobeno v průběhu fermentace hydrolýzou fosforu vázaného ve fytátovém komplexu, který se tak stane biodostupnějším (STEIN et al. 2007). ATTD fosforu v DDGS koresponduje s hodnotou biodostupnosti, která se pohybuje v rozmezí od 70 do 90 % (obr. 9). Proto vede zařazení DDGS do krmných diet prasat k lepšímu využití organického fosforu a potřeba suplementace krmné dávky anorganickým fosforem může být výrazně snížena (XU 2005).

Obr. 9 Porovnání obsahu celkového a dostupného fosforu v kukuřici, sójové moučce a DDGS (147)



Tab. 7 **Koncentrace a stravitelnost fosforu v deseti zdrojích kukuřičných DDGS zkrmených rostoucím prasatům** (PEDERSEN et al. 2007)

	Průměr	Minimum	Maximum	Směr. odch.
Celkový fosfor, %	0,61	0,51	0,74	0,09
Celkový fosfor, % sušiny	0,70	0,57	0,85	0,10
ATTD ¹ fosforu, %	59,1	50,1	68,3	5,18
Stravitelný fosfor, %	0,36	0,28	0,47	0,06

¹ zdánlivá stravitelnost v celém trávicím traktu

DDGS obsahují také velké množství vitamínů (zejména skupiny B), enzymů a růstových látek, které syntetizovaly kvasinky v průběhu fermentace (ZEMAN 2008).

Hlavní problémy spojené se zařazením DDGS do krmných dávek (bezpečnost):

- ▶ Nekonzistentní složení produktů – variabilita nutričních i fyzikálních vlastností.
- ▶ Obsah mykotoxinů.
- ▶ Rezidua antibiotik.
- ▶ Skladování, přeprava – nedostatek místa v zásobnících, vykládání z přepravních vozů, problémy s manipulací, průchodnost zásobníky a krmnými automaty. Problémy s manipulací jsou spojeny především s destičkovitou strukturou otrub, která způsobuje tvorbu „mostů“ v průběhu skladování.
- ▶ Nedostatek standardizovaných metod testování.
- ▶ Nedostatečná komunikace mezi jednotlivými subjekty.
- ▶ Nedostatky v sourcingu – neformální mechanismus, který pomáhá zákazníkům identifikovat zdroj DDGS podle jejich požadavků na kvalitu, kritický bod pro udržení trhu DDGS. Zcela nový typ služby určené pro chovatele prasat, která byla koncipována pod tlakem globální finanční krize začala v letošním roce nabízet americká společnost **Value-Added Science and Technologies**. Jedná se o balíček služeb s názvem Illuminate Services package, s jehož pomocí je možné zlepšit kvalitu krmných diet díky lokaci a využití zdroje DDGS nejvyšší kvality a zredukovat výši nákladů díky zařazení většího množství DDGS do krmných dávek prasat s cílem plně kapitalizovat všechny dostupné živiny (97).
- ▶ Není zaveden speciální program zajišťující komplexní kvalitu.

Mykotoxiny

Mykotoxiny – úspěšní chovatelé staví vždy své výsledky na kvalitních krmivech, jelikož vědí, jak jsou prasata na mykotoxiny citlivá a jaké zdravotní problémy s přímým dopadem na ekonomiku chovu jsou s tím spojené. Obecně se uvádí, že sušené výpalky mají nejen třikrát vyšší obsah živin, ale i trojnásobnou koncentraci mykotoxinů (4). Kukuřice je často již na poli kontaminovaná fusariovými plísněmi produkujícími deoxynivalenol (DON), známý také jako vomitoxin a zearalenon (ZEA) (117).

Experti proto vyzývají, aby byl stejně jako v potravinářské výrobě i ve výrobě etanolu používán bezpečnostní systém HACCP pro identifikaci a kontrolu hladiny mykotoxinů v kukuřici a v sušených výpalcích (HASTAD 2006).

Výchozí surovina – kukuřice – primárně kontaminovaná 600 ppb DON může dát vzniknout výpalkům s kontaminací v řádu 1 500 až 2 000 ppb. Další mykotoxiny reagují obdobně. Z důvodu negativních vlivů zearalenu na organismus prasnic je nutné být extrémně obezřetný. Firma Biomin uskutečnila analýzu zdrojů DDGS (239 vzorků), který přinesl alarmující výsledky: 95 % vzorků DDGS bylo pozitivně testováno na přítomnost více než jednoho mykotoxinu (126).

Naproti tomu BATAL (2009) uvádí, že praktické zkušenosti indikují, že mykotoxiny jsou zřídka problémem DDGS. Obdobně i ZEMAN (2008) považuje riziko kontaminace mykotoxiny u nové generace DDGS za velmi nízké, protože špatná kvalita kukuřice = špatná (nízká) produkce etanolu. Kukuřice na etanol je produkována lokálně a měla by být ošetřena proti plísním; pak má obvykle malé množství mykotoxinů.

Aby se lihovarské výpalky mohly zhodnocovat jako krmivo, mělo by být zatížení mykotoxiny z obilné suroviny v každém případě pod 40 % mezní hodnoty krmiva. Zhodnocení lihovarských výpalků má pro zařízení na výrobu bioetanolu velký hospodářský význam, proto byly již v Německu stanoveny nejvyšší meze pro obsah DON (např. 0,35 mg/kg v Zeitzu, 1,0 mg/kg ve Schwedu a Zörbigu) ve výchozí surovině. Partie obilí, které tyto hodnoty překračují, se nemohou jako surovina pro výrobu bioetanolu prodávat (81).

Stanovit obsah mykotoxinů ve vzorcích je nutné pomocí tenkovrstvé chromatografie (TLC) nebo HPLC (138). ELISA a jiné metody dávají falešně pozitivní výsledky (99).

Rezidua antibiotik

Kvasinky (*Saccharomyces cerevisiae*) jsou důležitým komponentem produkce etanolu. Optimalizace zdravotního stavu kvasinek je esenciální pro maximalizaci výtěžnosti etanolu z kukuřičného škrobu. Kontrola bakteriální kontaminace během fermentace je hlavní výzvou pro výrobce etanolu. Nejčastěji jsou ke kontrole bakteriální kontaminace používána malá množství penicilinu (3,73 g/3 785 l) a virginiamycinu (0,25–2,00 ppm). Předpokládá se, že při snížení hodnoty pH pod úroveň 5,2 dochází ke zničení penicilinu (10).

Aktuální rozbor vzorků DDGS ze 60 etanolových továren odhalily přítomnost čtyř druhů antibiotik: penicilinu, virginiamycinu, erythromycinu a tylosinu. Tato rezidua by se mohla prostřednictvím zkrmených DDGS dostat do organismu zvířat. Rostoucí počet lékařských autorit vyjádřil obavy z toho, že by se nepatrná množství reziduí antibiotik mohla infiltrovat prostřednictvím krmiva a hnoje do podzemních zdrojů pitné vody a napomáhat růstu bakterií rezistentních na antibiotika, přestože existují pochybnosti o rozsahu nakolik by se mohla tak malá množství reziduí antibiotik v pitné vodě spolupodílet na gradujícím problému rezistence na antibiotika (30).

Lactrol je jediný antimikrobiální přípravek užívaný pro výrobu etanolu v USA, který bez námitek prošel revizí **Správy potravin a léčiv** (US Food and Drug Administration, FDA). Přípis vydaný FDA povoluje maximálně 2–6 ppm virginiamycinu pro fermentační fázi výroby etanolu a požaduje, aby obilní výpalky neobsahovaly více než 0,5 ppm. Na posledním sympoziu Poultry Science Forum v Atlantě bylo však uvedeno, že nařízení FDA nerozlišuje mezi reziduí aktivního a neaktivního virginiamycinu. Test mikrobiální inhibice obecně užívaný FDA stanovuje jen rezidua aktivního virginiamycinu.

Společnost Phibro Animal Health Corp., která je výlučným dodavatelem Lactrolu vyvíjí certifikační program, který umožní výrobcům DDGS otestovat své výrobky na přítomnost reziduí virginiamycinu pomocí mikrobiálního inhibičního testu akceptovaného i FDA (71).

6 DDGS VE VÝŽIVĚ PRASAT

V průběhu posledních deseti let vyvinuli vědci z celého světa velké úsilí na zmapování koncentrace živin v DDGS, jejich stravitelnosti, krmné hodnotě a unikátním vlastnostem spojeným s jejich zkrmováním prasatům (113). V srovnání s dlouhodobým využitím výpalků ve výživě skotu, bylo jejich využití ve výživě prasat omezeno. Poptávka po informacích o jeho krmné hodnotě a využití ve výživě prasat je velká (54).

Formulace krmných diet s DDGS

Krmné diety by měly být formulovány na základě standardizované ileální stravitelnosti aminokyselin a stravitelného fosforu. Protože protein v DDGS obsahuje relativně málo lyzinu, je nutné diety doplnit o krystalický lyzin. V dietách formulovaných pro selata, rostoucí a vykrmovaná prasata je potřeba zvýšit na každých 10 % DDGS hladinu lyzinu o 0,10 %. 10 % DDGS může nahradit 4,25 % sójového šrotu a 5,70 % kukuřice (tab. 8).

Tab. 8 Náhrada krmných komponent 10 % DDGS v dietách pro rostoucí a reprodukční prasata (113)

	Diety pro březí prasnice	Všechny ostatní diety*
Kukuřice	7,40	5,70
Sójová moučka, 48 %	2,40	4,25
Monokalcium fosfát, %	0,22	0,20
Tuk	0,10	0,05
L-lyzin HCl	0,03	0,10
Vápenec	0,09	0,10

* V případě zařazení více než 20 % DDGS je nutné na každých dalších 10 % DDGS doplnit 0,015 % krystalického L-tryptofanu.

- Stejná hodnota stravitelné energie u DDGS jako u kukuřice.
- Formulace na základě standardizované ileální stravitelné energie aminokyselin (nutné sledovat koncentraci stravitelného lyzinu a stravitelného tryptofanu).
- Formulovat diety na bázi stravitelného fosforu.
- Použít DDGS jedině v případě pokud je vzájemný poměr lyzinu k hrubému proteinu větší než 2,8 %.
- Učinit rozhodnutí o maximální hladině DDGS.

Z důvodu velké variability mezi zdroji DDGS je nutné aby si chovatel prasat zjistil přesnou koncentraci živin v produktu a ověřil si, zda není koncentrace živin v produktu naředěna přídavkem sójových otrub. Produkt musí splňovat parametry uvedené v tab. 9. Kromě toho je doporučováno si od výrobce nebo obchodníka vyžádat atest absence mykotoxinů.

Tab. 9 **Check list pro výběr zdroje DDGS** (113)

	Minimum	Maximum
N-látky, %	27,00	–
Tuk, %	9,00	–
Fosfor, %	0,55	–
Lyzin	2,80 % N-látek	–
ADF	–	12,0
NDF	–	40,0

Doporučení pro zařazení DDGS do krmných dávek různých kategorií prasat jsou uvedena v tab. 10 (102).

Tab. 10 **Doporučené a maximální dávky DDGS v dietách pro různé kategorie prasat**

Kategorie	Doporučené dávky*	Maximální dávky**
Březost	40	50
Laktace	20	?
Selata, 0 až 2 t.	0	20
Selata starší 2 t.	20	30
Rostoucí prasata	20	35
Počáteční fáze výkrmu	20	35
Finální fáze výkrmu	20	20

* Doporučované dávky byly prověřeny v řadě experimentů.

** Jedná se o maximální koncentraci DDGS v krmných dávkách prasat, které byly prověřeny v polních podmínkách. Ne vždy byly doloženy na základě výsledků vědeckých experimentů a není možné úspěšné zařazení tak vysokých dávek DDGS ve všech případech.

Tab. 11 Efekt zařazení DDGS do krmných diet prasat (113)

	Co můžeme očekávat
Tekutost	Může nastat problém v zásobnících a v dávkovačích krmiva.
Objem diet	S každými 10 % DDGS v dietě narůstá o cca 3 %.
Příjem krmiva	Žádný vliv pokud jsou použity kvalitní DDGS.
Průměrný denní přírůstek	Žádný vliv pokud jsou použity kvalitní DDGS.
Konverze krmiva	Žádný vliv pokud jsou použity kvalitní DDGS.
Jatečná výtěžnost	Může dojít k poklesu až o 0,5% bodu na každých 10 % DDGS v dietě.
Pevnost tuku	Může nastat problém pokud je v poslední fázi výkrmu podávána dieta s podílem DDGS vyšším než 20 %.
Zdravotní stav střev	Některé důkazy svědčí o zlepšení, je nutný další výzkum.
Velikost vrhu	Může být zvýšena pokud jsou DDGS zařazeny do krmných dávek březích prasnic, jsou nutné další výzkumy.
Exkrece fosforu	Může být snížena pokud je dieta dobře zformulována.
Exkrece dusíku	Může být mírně zvýšena pokud je dieta dobře formulována.

6.1 DDGS v dietách pro odstavená selata

Výsledky 10 experimentů mapujících účinky zařazení kukuřičných DDGS do krmných diet pro odstavená selata jsou uvedeny v tab. 12 (STEIN a SHURSTON 2009).

Tab. 12 Účinek zařazení kukuřičných DDGS do diet pro odstavená selata¹

	Odpověď selat na přidavek kukuřičných DDGS, počet experimentů			
	n	zvýšení	snížení	beze změny
Průměrný denní přírůstek	10	0	0	10
Průměrný denní příjem krmiva	10	0	2	8
Konverze krmiva	10	5	0	5
Mortalita	2	0	0	2

¹ WHITNEY a SHURSTON (2006); JONES et al. (2009); LINNEEN et al. (2008); KERR et al. (2009); WILTAFSKY et al. (2009) aj.

Diety s obsahem 10 a 25 % DDGS zkrmovali WHITNEY a SHURSTON (2006) selatům ve dvou experimentech. 10% podíl DDGS zařazený do krmných diet počínaje 10. dnem po odstavu selat (LINNEEN et al., 2008) nebo zařazení 22,5 až 30 % DDGS (GAINES et al., 2006; JONES et al., 2009) přibližně třítýdenním selatům nijak neovlivnilo přírůstek živé hmotnosti u selat. Průměrný příjem krmiva byl ve dvou případech redukován pokud krmné diety obsahovaly DDGS (GAINES et al. 2006; KERR et al. 2009), ale konverze krmiva se zlepšila v pěti z deseti experimentů pokud byly krmné směsi obohaceny o DDGS. Mortalita selat byla sledována pouze v rámci dvou experimentů, jejich výsledky neprokázaly žádný vliv zkrmování DDGS na mortalitu odstavených selat.

Efekt zkrmování diet obsahujících DDGS odstaveným selatům v různém věku po odstavu byl zjišťován prostřednictvím 4fázového krmného programu. V první fázi diety obsahovaly 7,5 % DDGS, ve druhé 10 % a ve třetí 15 % (WHITNEY et al. 2004). Kontrolní selata dostávala ve všech fázích krmnou dietu bez přídavku DDGS. Mezi jednotlivými skupinami nebyly zjištěny žádné signifikantní rozdíly v růstové užitkovosti, které by indikovaly, že DDGS nemohou být zařazeny do krmných diet selat bezprostředně po odstavu. KERR (2009) uvádí, že selata mohou dostávat pouze maximálně 7,5 % DDGS, protože jinak by docházelo ke zpomalení jejich růstu díky konzumaci příliš

velkého množství vlákniny. Zařazení širokových DDGS do krmných diet selat po odstavu bylo ověřováno v rámci tří experimentů. V prvním experimentu dostávala selata s obsahem 0, 10 nebo 20 % širokových DDGS od 7. do 29. dne života a nezpůsobily žádné rozdíly ve výši průměrného přírůstku živé hmotnosti, průměrném příjmu krmiva a konverzi krmiva (SENNE et al. 1996). FEOLI et al. (2007) referoval o poklesu růstové schopnosti u selat, jejichž dieta obsahovala 30 % DDGS ve srovnání se selaty, jejichž krmná dávka žádné DDGS neobsahovala.

6.2 DDGS v dietách rostoucích a vykrmovaných prasat

6.2.1 Vliv DDGS na růstovou užitkovost

Výsledky 25 experimentů, ve kterých byl prověřován vliv DDGS na růstové schopnosti, příjem krmiva a konverzi krmiva u prasat v předvýkrmu a výkrmu, jsou uvedeny v tab. 13. Ve 23 experimentech byly DDGS přidávány do krmných diet na bázi kukuřice a sójového šrotu a ve 2 experimentech do krmných diet na bázi pšenice a polního hrachu. V osmi experimentech byl také sledován vliv širokových DDGS na užitkovost rostoucích prasat a ve dvou experimentech byly ověřovány také pšeničné DDGS.

6.2.1.1 Kukuřičné výpalky

Počáteční výzkumy referovaly o maximálním zařazení DDGS do krmných diet rostoucích prasat pouze do 20 %, protože vyšší podíl DDGS měl negativní vliv na užitkovost zvířat. Výsledky pozdějších experimentů prováděných v komerčních zařízeních však prokázaly, že začlenění 15 % DDGS do krmných diet pro prasat v hmotnostním rozmezí od 50 do 76 kg živé hmotnosti nemělo žádný vliv na přírůstek, příjem ani konverzi krmiva v porovnání s prasaty krmenými konvenční dietou na bázi kukuřice a sójového šrotu (LINNEEN et al. 2008). Začlenění 0,5 nebo 10 % do diet pro prasata v poslední fázi výkrmu (88 až 105 kg) a 19 % DDGS do diet pro předvýkrm (30 až 60 kg) také nemělo za následek žádné změny parametrů užitkovosti (SOARES et al. 2008; WIDMER et al. 2007). Tato zjištění byla v souladu se studiemi, které prokázaly, že DDGS mohou být zkrmovány prasatům ve výkrmu aniž by došlo ke změně přírůstku, příjmu krmiva a konverze krmiva za předpokladu, že budou krmné diety dostatečně fortifikovány aminokyselinami (McEWEN 2008; BENZ et al. 2007; WIDMER et al. 2008). Zařazení až 30 % DDGS do krmných diet na bázi kukuřice a sójového šrotu nemělo žádný negativní vliv na užitkovost vykrmovaných prasat (FEOLI et al. 2007, DeDECKER et al. 2005). Průměrný denní přírůstek se nezměnil, příjem krmiva byl redukován a naopak došlo k lineárnímu zlepšení konverze krmiva u prasat krmených dietami s přídavkem 0, 10, 20 nebo 30 % DDGS (XU et al. 2007). Ve dvou experimentech, ve kterých byla porovnávána užitkovost vykrmovaných prasat krmných diet s obsahem 0 nebo 30 % DDGS bylo zjištěno, že přídavek DDGS neměl negativní vliv ani na průměrný přírůstek živé hmotnosti, ani na příjem krmiva, ale zhoršil konverzi krmiva (GAINES et al. 2007).

Tab. 13 Vliv zařazení kukuřičných DDGS do krmných diet na prasata v předvýkrmu a výkrmu¹

	Počet experimentů			
	n	zvýšení	snížení	beze změny
Průměrný denní přírůstek	25	1	6	18
Průměrný denní příjem krmiva	23	2	6	15
Konverze krmiva	25	4	5	16
Procento opracování	18	0	8	10
Výška hřbetního špeku, mm	15	0	1	14
Podíl libové svaloviny, %	14	0	1	13
Hloubka kotlety, mm	14	0	2	12
Výška boku, mm	4	0	2	2
Pevnost boku	3	0	3	0
Hodnota jodového čísla	8	7	0	1

¹ DeDECKER et al. (2005); McEWEN (2008); WHITNEY et al. (2008); GAINES et al. (2007); WHITE et al. (2009); LINNEEN et al. (2008); WIDMER et al. (2008)

Zhoršení konverze krmiva v pozdějších experimentech a naopak zlepšení konverze krmiva z experimentu provedeném XU et al. (2007) indikovalo, že se v použitých DDGS mohla lišit koncentrace energie. Lineární zvýšení přírůstku krmiva a konverze krmiva bylo také dokumentováno v případě přídatku kukuřičných DDGS v rozpětí od 5 do 25 % do krmných diet prasat (30 až 90 kg) na bázi pšenice, ječmene a polního hrachu (103). V některých experimentech nebyly prokázány žádné rozdíly v parametrech užitkovosti u vykrmovaných prasatů krmných DDGS v množství 5 až 30 %.

Na rozdíl od těchto výsledků, data z jiných experimentů prokázala lineární pokles výše průměrného denního přírůstku (WHITNEY et al. 2006; LINNEEN et al. 2008; HILBRANDS et al. 2007). Tato zjištění jsou v souladu s výsledky HINSONA et al. (2007), který dokumentoval, že zařazení 10 nebo 20 % DDGS lineárně redukuje přírůstek a příjem krmiva prasat ve výkrmu. Začlenění 25 % DDGS do diet na bázi pšenice a polního hrachu podávaných prasatům v hmotnostním rozpětí od 5 do 85 kg také redukovalo přírůstek a příjem krmiva v porovnání s prasaty krmnými dietami bez přídatku DDGS (WIDYARATNE a ZIJLSTRA 2007).

Na základě výsledků těchto 25 experimentů (tab. 13) není možné dát spolehlivou odpověď na otázku, proč nezůstala užitkovost beze změny ve všech experimentech. Je možné, že DDGS použité v těchto experimentech měly horší kvalitu (nižší stravitelnost), než vědci předpokládali. Ve většině experimentů, ve kterých došlo s poklesu přírůstku byl sledován i pokles příjmu krmiva, což mohlo být způsobeno menší chutností krmné dávky obsahující DDGS. To demonstrovaly experimenty, které sledovaly preference prasat s a bez přídatku DDGS. Zvířata dávala přednost dietám bez DDGS (HASTAD et al., 2006; JONES et al., 2008).

6.2.1.2 Čirokové DDGS

Výsledky osmi experimentů ověřujících možnost zařazení čirokových DDGS do krmných diet určených prasatům v předvýkrmu a výkrmu prokázaly, že pokud podíl tohoto druhu výpalků v krmných dávkách vykrmovaných prasat byl 30 % nebo méně, nemělo to žádný signifikantní vliv na snížení parametrů užitkovosti u sledovaných prasat (SENNE et al. 1996). Pokud ale vykrmovaná prasata dostávala vyšší podíl DDGS, došlo u nich k poklesu užitkovosti (SENNE et al. 1996, FEOLI et al. 2008). Konverze krmiva nebyla ovlivněna zařazením čirokových DDGS do limitu 30% podílu v krmné dietě (SENNE et al. 1996), konverze krmiva se zhoršila v případě zařazení 40 % čirokových DDGS (FEOLI et al. 2008), ale nebylo tomu tak ve všech případech.

6.2.1.3 Pšeničné DDGS

Začlenění 25 % pšeničných výpalků do krmných diet na bázi pšenice a polního hrachu prasat v hmotnostní kategorii od 52 do 85 kg nemělo žádný vliv na výši přírůstku nebo konverzi krmiva (WIDYARATNE a ZIJLSTRA 2007). Naproti tomu zařazení 5 až 25 % pšeničných DDGS do krmných diet na bázi pšenice a kukuřice vedlo u rostoucích prasat (20 až 51 kg) ke snížení přírůstků a příjmu krmiva. Pokud došlo k redukci podílu DDGS v průběhu výkrmu (52 až 113 kg) na 3, 6, 9 nebo 15 %, k redukci přírůstků nedošlo (THACKER 2006).

Rozdílné výsledky byly patrně způsobeny tím, že THACKER formuloval diety na základě stravitelných aminokyselin a WIDYARATNE a ZIJLSTRA na základě hladiny celkových aminokyselin. To by mohlo vysvětlovat odlišnou odpověď prasat na přídatek, protože experimenty prokázaly, že některé pšeničné DDGS vykazovaly nižší stravitelnost lyzinu (NYACHOTI et al. 2005).

6.2.2 Vliv DDGS na kvalitu a složení jatečného těla

Jatečná výtěžnost u prasat krmných dietami s přídatkem kukuřičných DDGS byla sledována v 18 výzkumech. V deseti z nich nebyly zjištěny žádné rozdíly (McEWEN et al. 2008; WIDMER et al. 2008 aj.), zatímco snížení jatečné výtěžnosti bylo prokázáno v osmi experimentech (WHITNEY et al. 2006; GAINES et al. 2007, WIDMER et al. 2007).



Prasata krmná přídatkem čirokových DDGS nevykazovala snížení jatečné výtěžnosti v jednom experimentu (SENNE et al. 1996); v pěti případech k poklesu jatečné výtěžnosti došlo (FEOLI et al. 2007). U prasat krmných pšeničnými DDGS také došlo k poklesu jatečné výtěžnosti (THACKER 2006). Pokles jatečné výtěžnosti byl zřejmě způsoben obsahem vlákniny v dietách.

Výška hřbetního špeku u prasat krmených kukuřičnými DDGS byla redukována v jednom experimentu (WIDMER et al. 2008), ale v ostatních 14 případech nebyly zjištěny žádné rozdíly. Hloubka kotlety nebyla také ovlivněna zařazením kukuřičných DDGS a to ve 12 experimentech; ve dvou případech však došlo k poklesu (WHITNEY et al. 2006; GAINES et al. 2007) a to i v případě zařazení pšeničných DDGS do krmné diety. To mohlo být způsobeno ztržňováním prasat při nižší porážkové hmotnosti.

Ze 14 experimentů jen v jednom případě došlo k poklesu podílu libového masa při zařazení kukuřičných DDGS do krmných diet prasat ve výkrmu. Tento parametr byl také horší v případě zkrmování čirokových DDGS (3 experimenty) a pšeničných DDGS (1 experiment).

Výška boku byla zredukována v případě zařazení kukuřičných DDGS do diet vykrmovaných prasat (WHITNEY et al. 2006) a také když byly použity čirokové výpalky (FEOLI et al. 2007). Důvodem mohla být nižší hmotnost při porážce a také nižší přírůstek v porovnání s kontrolními prasaty. V experimentech WIDMERA et al. (2008) a XUA et al. (2008) k poklesu finální živé hmotnosti ani výšky boku však nedošlo.

Pevnost boku byla sledována ve třech experimentech a ve všech třech došlo k jejímu poklesu v porovnání s kontrolními prasaty, která DDGS nekonzumovala. Tato zjištění jsou v souladu s vyšší jodového čísla břišního tuku v případě vyššího podílu DDGS v krmné dávce prasat ve výkrmu (LINNEEN et al. 2008; HILL et al. 2008; WHITE et al. 2007). Ke zvýšení hodnoty jodového čísla došlo také v případě zařazení čirokových DDGS do krmných diet prasat ve výkrmu (FEOLI et al. 2007) (tab. 14). Změny jodového čísla u prasat krmených DDGS jsou výsledkem relativně velkého množství polynenasycených mastných kyselin, zejména kyseliny linolové (C 18 : 2) v kukuřičných a čirokových DDGS, protože zvyšují hodnotu jodového čísla u břišního tuku (GOIHL 2009).

Tab. 14 Vliv přidavku tuku do diet obsahujících čirokové DDGS (FEOLI, 2007)

	Kontrola	Čirokové DDGS		
		+ 0 % tuku	+ 2,5 % tuku	+ 5 % tuku
Přírůstek, g/den	961	885	877	954
Příjem krmiva, kg/den	3,3	3,2	2,9	2,9
Konverze krmiva, g/kg	291	277	302	308
Hm. jatečného těla za tepla, kg	93	90	91	92
Jatečná výtěžnost	71	69	69	71
Výška hř. špeku nad posl. žebrem, mm	19	20	18	18
Jodové číslo	68	72	73	74

Jodové číslo vepřového tuku je důležitým ukazatelem kvality jatečného těla, protože vysoká hodnota jodového čísla má za následek snížení kvality boku a kotlety, protože tuk je měkčí a méně hodnotný. Tento negativní jev je možné omezit pomocí přidavku CLA (konjugované kyseliny linolové) v množství 1 % do krmných diet 10 dní před porážkou. Přídavek CLA do diet s obsahem 20 nebo 40 % DDGS dokázal zredukovat hodnotu jodového čísla a vzájemný poměr mezi n-6 a n-3 mastnými kyselinami (WHITE et al. 2009).

Vyřazení DDGS z diet během posledních 3 až 4 týdnů před porážkou také mělo pozitivní vliv na redukcii hodnoty jodového čísla a mohlo by tedy vést k dosažení jeho akceptovatelné hodnoty (HILL et al. 2008). JONES (2009) referoval o výsledcích studie, které prokázaly, že do krmných dávek prasat ve výkrmu, aniž by došlo současně k negativnímu ovlivnění růstu nebo kvality jatečného trupu, může být zařazeno až 60 % DDGS (45 % v průběhu prvních dvou týdnů pokusu), pokud jsou prasata ve výkrmu po dobu několika dní na vysoký podíl DDGS v krmných dávkách postupně navykávána. Ovšem jedině za předpokladu, že se hladina DDGS sníží na 20 % v průběhu posledních 12 dní před porážkou. Jatečná hodnota může být negativně ovlivněna vysokým podílem DDGS (zvýšení jodového čísla).

Užití exogenních multienzymových doplňků v krmných dávkách pro prasata s přidavkem DDGS ovlivňuje příznivě užítkovost prasat (MATEO 2008).

Dosud nejsou k dispozici žádné výsledky vlivu pšeničných DDGS na hodnotu jodového čísla, ale protože pšeničné DDGS obsahují méně tuku než kukuřičné DDGS, dá se předpokládat, že zkrmování pšeničných DDGS nebude mít tak negativní vliv na výši jodového čísla (STEIN et al. 2009).

6.3 Vliv DDGS na užítkovost prasnic

Výsledky experimentů prokázaly, že je možné bez negativního vlivu na přírůstek hmotnosti, příjem krmiva, velikost vrhu, hmotnost celého vrhu při porodu zkrmovat březím prasnicím až 50 % DDGS. Nejnovější experimenty hodnotily vliv přidavku DDGS na užítkovost prasnic v průběhu dvou březostí. Výsledky prokázaly, že přidavek DDGS může v průběhu druhé březosti zlepšit užítkovost prasnic, což může souviset s vyšším podílem dietické vlákniny v dietách s přidavkem DDGS. Některé experimenty doložily zvýšení početnosti vrhu v souvislosti se zařazením DDGS do krmných diet na bázi kukuřice a sójového šrotu. Je však nutné ještě prověřit opakovatelnost této odpovědi prasnic a determinovat dobu potřebnou pro zkrmování DDGS, aby se projevil efekt zvýšení početnosti vrhu.

Dva experimenty si vytýčily za cíl porovnat užítkovost kojících prasnic při zařazení 15 % DDGS a kontrolních prasnic krmených dietou na bázi kukuřice a sóji s přidavkem cukrovky. V těchto experimentech nebyly prokázány žádné rozdíly v užítkovosti prasnic a selat, mortalitě selat před odstavenem a ztrátě hmotnosti u prasnic (HILL et al. 2008, GOIHL 2009).

V nejnovějších experimentech byly prasnice krmené dietami s obsahem 0, 10, 20 nebo 30 % DDGS v průběhu laktace (GREINER et al. 2009, SOARES et al. 2008). Nebyly zjištěny žádné rozdíly ve výši přijatého krmiva, výšce hřbetního špeku, hmotnostním přírůstkem selat nebo celého vrhu, mortalitě selat před odstavenem nebo délce intervalu od odstavení do první říje. V experimentu GREINER et al. (2009) byl sledován v souvislosti se zařazením DDGS do krmné dávky lineární nárůst tělesné hmotnosti v průběhu laktace a lineární pokles délky intervalu od odstavení do první říje (tab. 15).

Tab. 15 **Užítkovost prasnic a selat při zařazení DDGS do krmných diet laktujících prasnic (53)**

	% DDGS			
	0	10	20	30
Užítkovost prasnic v průběhu laktace				
Průměrný příjem krmiva, kg	6,90	6,70	6,30	6,50
Přírůstek hmotnosti, kg	6,50	3,70	8,70	17,70
Následná reprodukce				
Od odstavení do prvního zabřeznutí, dny	7,40	6,30	6,00	5,00
Procento zabřezlých v průběhu 10 dnů	85,00	91,00	93,00	95,00
Počet všech následně narozených selat	13,90	13,60	12,20	14,10
Užítkovost selat				
Průměrný denní přírůstek, kg	0,263	0,267	0,271	0,256
Celkový přírůstek celého vrhu selat, kg	2,47	2,54	2,56	2,40
Mortalita, %	8,90	6,90	7,70	9,10

Zařazení DDGS do krmných diet prasnic v laktaci nemělo žádný vliv na složení mléka, stravitelnost nebo retenci dusíku, ale prasnice krmené dietami s obsahem 20 nebo 30 % DDGS vykazovaly nižší hladinu močoviny v krvi na rozdíl od kontrolních prasnic, které nedostávaly žádné DDGS (SONG et al. 2007).

DDGS mohou v krmných dávkách pro březí prasnice nahradit celou dávku sójového šrotu aniž by u nich došlo k negativnímu ovlivnění užitkovosti a dokonce by u nich mohlo dojít i ke zvýšení velikosti vrhu (112).

6.4 Vliv DDGS na zdravotní stav prasat

Zařazení DDGS do krmných diet prasat může zlepšit aktivaci jejich imunitního systému, ale bude ještě nutné provést celou řadu výzkumů, aby byl plně objasněn celý mechanismus zodpovědný za tyto účinky (STEIN 2009).

Vedlejší produkty výroby etanolu obsahují reziduální kvasničné buňky a buněčné komponenty v množství přibližně 3 %. Beta-glukany, mannany oligosacharidy, chitin a proteiny jsou biologicky významné součásti buněčné stěny kvasinek – mnoho z těchto složek se podílí na stimulaci fagocytózy. Kvasničné buňky také obsahují nukleotidy, glutamát a další aminokyseliny, vitamíny a minerály, které mnohou ovlivňovat aktivitu imunitního systému prasat (65).

WHITNEY et al. (2006) založil dva experimenty s cílem prozkoumat, zda přídavek 10 nebo 20 % DDGS do diet pro mladá rostoucí prasata může působit na prevalenci, délku nebo závažnost střevních lézí u prasat trpících proliferativní enteropatií (ileitida). Původcem tohoto onemocnění je bakterie *Lawsonia intracellularis*. Pokusná selata byla orálně inokulována perorálně zárodky *Lawsonia intracellularis*. Onemocnění se u selat projevilo 25% poklesem příjmu krmiva, 55% poklesem přírůstku a 40% poklesem konverze krmiva a výskytem lézí u 63 % selat. Dietární opatření v podobě zařazení 10 nebo 20 % DDGS nemělo žádný vliv na užitkovost ani výskyt lézí nebo proliferaci *Lawsonia intracellularis*.

Ve druhém experimentu byla management podobný, ale selata dostala jen poloviční dávku bakterií. Zkrmování přídavku 10 % DDGS snížilo prevalenci a závažnost střevních lézí a podávání diet obohacených o antibiotika redukovalo délku výskytu a závažnost lézí. Přídavek DDGS do diet obsahujících antibiotika neměl žádný vliv na výskyt lézí. Z výsledků vyplývá, že zařazení DDGS může napomoci při léčbě přetrvávající mírné formě ileitidy a podpořit léčbu antibiotiky, nemůže ale být efektivní při závažnějších případech onemocnění (WIDMER et al. 2007; THORNTON 2007).

Podle studie vědců z Agricultural Research Service (ARS) může zkrmování DDGS u selat po dobu čtyř týdnů posílit imunitní odpověď jejich organismu. U sledovaných selat vědci jednou týdně vyhodnocovali expresi cytokinů (skupina signálních proteinů, účastnících se významně imunitní odpovědi) v tenkém střevě. Tato studie podpořila výsledky předchozích studií, které prokázaly, že prasata konzumující diety suplementované DDGS vykazovala nižší hladinu ileitidy, zánětlivého onemocnění tenkého střeva (KERR 2009).

Bude proto nutné provést ještě celou řadu výzkumů s cílem plně osvětlit mechanismus tohoto efektu DDGS (54).

6.5 Vliv DDGS na koncentraci živin a plynné a pachové emise z prasečí kejdy

Celkový objem exkrementů při zařazení DDGS do krmných dávek prasat narůstá, protože stravitelnost sušiny DDGS je nižší. Exkrece dusíku může být také zvýšená, ale tomu je možné zabránit zařazením krystalických aminokyselin do diet obsahujících DDGS. Naopak exkrece fosforu může být redukována díky vyšší stravitelnosti fosforu v DDGS.

Pachové a plynné vlastnosti prasečí kejdy, bilance energie, dusíku a fosforu byly měřeny u prasat krmených dietou na bázi kukuřice a sójového šrotu s přídavkem nebo bez přídavku DDGS (THORNTON, 2007). Dietární opatření nemělo žádný vliv na koncentraci amoniaku, sirovodíku nebo pachu v průběhu 10týdenního experimentálního období. Prasata krmená DDGS měla vyšší příjem dusíku, ale příjem krmiva a procento retence dusíku se u jednotlivých skupin prasat nelišily. Zkrmování diet s DDGS vykazovalo tendenci ke zvýšení exkrece dusíku, ale retence fosforu se u jednotlivých skupin nelišila. GRALAPP et al. (2002) zkrmovali prasatům ve výkrmu diety s obsahem 0, 10 nebo 20 % DDGS s cílem determinovat jejich vliv na růstovou užitkovost, charakteristické parametry kejdy a pachové emise. Nebyly zjištěny žádné rozdíly v koncentraci celkových látek, těkavých látek, dusíku a fosforu v kejdě mezi jednotlivými experimentálními variantami. Zařazení DDGS do krmných diet kojících prasnic také redukovalo koncentraci fosforu ve výkalech (HILL et al. 2008).

Čtyři experimenty mapovaly vliv formulace diet, dietární koncentrace DDGS a použití mikrobiální fytázy na nutriční bilanci u selat a prasat ve výkrmu (XU 2005). Selata dostávala krmnou dávku na bázi kukuřice a sóji s přídavkem

10 nebo 20 % DDGS. Krmná dávka byla formulována na základě celkového fosforu nebo na bázi relativní biodostupnosti fosforu, která je u DDGS 90 % (XU 2008). Stravitelnost fosforu, jeho retence a urinální a fekální exkrece byly stejné u prasat krmených kontrolní dietou a prasat krmených dietou s přidavkem DDGS. Mezi jednotlivými variantami nebyly zjištěny žádné rozdíly v koncentraci rozpustného nebo nerozpustného fosforu v kejďě. Bylo také prokázáno, že prasata krmená dietami s obsahem DDGS a s přidavkem fytázy nebo bez něj vykazovala nižší stravitelnost sušiny ve srovnání s prasaty krmenými konvenční dietou s přidavkem nebo bez přidavku fytázy, což způsobilo navýšení celkového objemu vyloučené kejdy (XU 2005). Stravitelnost dusíku a exkrece nebyly ovlivněny dietárním opatřením, ale přidavek fytázy zlepšil stravitelnost fosforu a redukoval jeho exkreci.

Zkrmování diet bez nebo s 20 % DDGS a fytázou formulované na obsah Ca : dostupnému fosforu 2 : 1, 2,5 : 1 a 3,0 : 1 mělo determinovat optimální poměr mezi vápníkem a fosforem u malých selat (JONES 2009). Dietární DDGS a fytáza zvýšily stravitelnost fosforu a zredukovaly exkreci fosforu ve srovnání s dietami na bázi kukuřice a sóji neobsahující DDGS nebo fytázu. Stravitelnost dusíku a zinku nebyla ovlivněna dietárním opatřením, ale stravitelnost vápníku byla vyšší v dietě se směsí kukuřice a sóji než u diet s obsahem DDGS. Nebyly zjištěny žádné interakce mezi zařazením DDGS a fytázy a poměru vápníku ku dostupnému fosforu, které indikují, že rozpětí poměru Ca : dostupný P (2 : 1 až 3 : 1) zakotvený v NRC (1998) je akceptovatelný v případě zařazení 20 % DDGS a fytázy do diet selat z hlediska minimalizace exkrece fosforu v kejďě.

Vliv zkrmování diety na bázi kukuřičného a sójového šrotu s přidavkem 20 % DDGS a fytázou na stravitelnost sušiny, dusíku a fosforu u prasat ve výkrmu byl také předmětem zkoumání (XU 2008). Stejně jako u selat i u prasat ve výkrmu nedošlo ke změně stravitelnosti a exkrece sušiny. I když nebyla dietárním opatřením ovlivněna stravitelnost dusíku, byl vysledován trend poklesu exkrece když byla dieta obohacena o fytázu.

7 DDGS VE VÝŽIVĚ DRŮBEŽE

Výroba etanolu fermentací z kukuřice vyvolává v odvětví výroby drůbeže otázku, jaký dopad bude mít výroba biopalin na výživu zvířat a na celkovou účinnost výroby drůbeže. Podle nedávného průzkumu je v USA o více než sto podniků na výrobu etanolu více, než se plánovalo. Např. se ukazuje, že se během dvou let stane Iowa čistým dovozcem kukuřice. Za situace, kdy kukuřice tvoří v USA 60 % krmiv pro drůbež, vzbuzuje konverze energie z kukuřice na motorové palivo velkou pozornost (DALE 2007).

V současnosti nastává konkurence mezi využitím kukuřice na výrobu etanolu a mezi jejím využitím jako zdroje energie v krmivech především pro drůbež. Přednost bude mít to odvětví, které bude schopno za tuto surovinu zaplatit více. Kukuřice je nejvýznamnějším komponentem krmných diet drůbeže. Expandující využití kukuřice jako výchozí suroviny pro výrobu etanolu tlačí vzhůru její cenu a chovatelům drůbeže přináší problémy. Drůbežářský průmysl se buď musí vyrovnat s vyššími cenami krmiv, nebo hledat ekonomicky příznivější alternativy. Někteří navrhuji, aby se náhradou kukuřice staly DDGS. Ale není to tak jednoduché (16).

Dr. Amy Batal z University of Georgia upozornila na skutečnost, že kukuřici není možné přímo nahradit DDGS v krmných dietách pro drůbež. Je možné nahradit část kukuřice, sójové moučky, masové a kostní moučky, fosforu, methioninu, lyzinu a některých jiných ingrediencí. Použití DDGS závisí na ceně těchto ingrediencí (7).

Výživná hodnota DDGS

Hlavní podíl energie obsažené v kukuřici je fermentován na etanol. Obsah stravitelné energie v DDGS je přibližně o 17 % nižší než je tomu u kukuřice, obsah hrubého tuku v DDGS je naopak přibližně 10 % (zhruba 3krát vyšší hodnota v porovnání s kukuřicí). Pokud DDGS nahradí část kukuřice, je nutné deficit energie vyrovnat přidavkem jiného zdroje energie (např. krmným tukem). DDGS neobsahují toxické antinutriční faktory jako je gosypol v bavlníkovém šrotu nebo trypsinové inhibitory v málo tepelně ošetřeném sójovém šrotu (DALE, 2007).

Celkové a stravitelné množství aminokyselin v DDGS je přibližně trojnásobně vyšší než v kukuřici. Speciální pozornost je nutné věnovat obsahu lyzinu. Rozpětí stravitelnosti lyzinu se pohybuje od 46 až do 84 %. Stravitelnost fosforu se pohybuje v rozpětí od 64 do 100 %. Obsah sodíku v DDGS může kolísat mezi 0,05 do 0,45 %. DDGS také obsahují xantofyl (25 až 40 mg/kg), který může být zajímavý v případě, kdy je důležitá pigmentace kůže (77).

Tabulka uvádí porovnání obsahu živin v kukuřici, DDGS a sójové moučce. DDGS je v porovnání se sójovou moučkou relativně deficitní v obsahu lyzinu. Oproti kukuřici obsahuje DDGS výrazně méně energie, ale až trojnásobné množství ostatních živin (resp. šestinásobné množství využitelného fosforu). Obsah proteinu i metabolizovatelné energie v DDGS je téměř uprostřed mezi kukuřicí a šrotem z vyluštěné sóji – dvou základních složek krmiv pro brojleři, komerční nosnice, krůty (6).

Tab. 16 Komparativní živinové složení kukuřice, DDGS a sójové moučky

Živina, %	Kukuřice	DDGS	Sójová moučka
TME ¹ , kJ/kg	14 193,00	11 723,00	10 291,00
N-látky	7,50	27,00	47,80
Hrubá vláknina	1,90	8,50	3,00
Celk fosfor	0,25	0,89	0,65
Využ. fosfor	0,09	0,55	0,21
Celk. lyzin	0,24	0,80	3,02
Využ. lyzin	0,19	0,60	2,75
Celk. methionin	0,18	0,51	0,80
Využ. methionin	0,16	0,43	0,64
Celk. cystein	0,18	0,50	0,72
Celk. threonin	0,29	0,92	2,00
Celk. arginin	0,40	1,10	3,60
Celk. tryptofan	0,07	0,20	0,70

¹ celková metabolizovatelná energie

V tab. 17 je shrnuto doporučení pro aplikaci velmi kvalitních DDGS v krmných směsích pro drůbež. Vyšší hladiny DDGS mohou být použity v krmných dietách formulovaných na bázi stravitelných aminokyselin a přesné energetické hodnoty všech ingrediencí. Je důležité znát specifika daného zdroje DDGS (osobní návštěva a seznámení se s výrobním procesem jsou ideálním řešením).

Tab. 17 Doporučené hladiny kvalitních DDGS v dietách pro drůbež

Brojleři	6–9 % ve starterovém období
	12–15 % v obou fázích výkrmu
Nosnice	10 % během vrcholu snášky
	15 % po vrcholu snáškového období
Krůty	5 % ve starterovém období
	15 % v obou fázích výkrmu

7.1 Kuřata

Pro drůbež není přibližně 25 % fosforu z výpalků biologicky dostupných. Jedním z krmných aditiv, která podporují využitelnost fosforu, je enzym fytáza. Fytáza mikrobiálního původu zlepšuje v krmivu obsahujícím kukuřičný, pšeničný nebo sójový šrot využití fosforu. Zatím nebyl stanoven vliv fytázy na zvýšení biologické dostupnosti fosforu ze sušených výpalků. Velikost jejího vlivu na zvýšení biologické dostupnosti fosforu v sušených výpalcích také nebyla dosud stanovena.

Cílem studie provedené v Illinois bylo zjistit, zda dietetická fytáza nebo kyselina citronová mohou zvýšit biologickou dostupnost fosforu ze sušených výpalků (76).

7.2 Brojleři

SHIM et al. (in 33) z University of Georgia ve spolupráci se společností Ajinimoto Heartland LLC a Degussa Corp. uvedli výsledky výzkumu s užitím DDGS v krmivech pro brojleři.

Komerční brojleři CobbxCobb 500 byli během pokusu (42 dnů) umístěni na podlaze po 35 kusech v kotci. Startérové, růstové a výkrmové dávky obsahovaly 0, 8, 16 a 24 % DDGS na bázi stravitelných aminokyselin. Byl přidáván doplněk L-lyzin hydrochloridu, L-treoninu a tuku. Obsah dusíkatých látek se zvyšoval při každém zvýšení hladiny DDGS. Všechny krmné dávky byly peletovány.

Tab. 18 Výsledky 42denní užitkovosti a trvanlivost pelet

	Přídavek DDGS, %			
	0	8	16	24
Hm. přírůstek, kg	2 496	2 487	2 469	2 494
Konverze krmiva	1 686	1 715	1 715	1 711
Tukový polštář, g	58	54	49	48
Prsní svalovina, g	475	486	468	489
PDI, %	74,2	69,51	60,18	49,66

U brojlerů s přídavkem DDGS se v porovnání s brojlerými bez přídavku DDGS ve věku 18 dní obsah dusíkatých látek zvýšil (0,717 kg proti 0,688 kg). Ukazatelé užitkovosti zjišťované ve věku 42 dní se mezi skupinami významně nelišily. Hladiny DDGS a tuku se zvýšily společně, což bylo pravděpodobně důvodem snížení trvanlivosti pelet (PDI), jak je znázorněno v tab. 18. U brojlerů se ukázala jako akceptovatelná implementace 24–25 % DDGS aniž by došlo k redukci užitkovosti, pokud byla kontribuce živin prostřednictvím DDGS adekvátně vypočítána (33).

WANG et al. (2007) hodnotili konstantní nebo narůstající hladinu (0, 15, 30 %) DDGS na užitkovost a jateční výtěžnost brojlerů. Ptáci krmení dietou s 30% podílem DDGS v dietách měli nižší hmotnost, zhoršenou konverzi krmiva a nižší výtěžnost prsní svaloviny ve srovnání s kontrolní skupinou zvířat, která dostávala pouze 15 % DDGS nebo DDGS nedostávala vůbec. U kuřat, která dostávala 15 % DDGS v krmné dávce, žádné statisticky průkazné zhoršení jatečné výtěžnosti nezaznamenali. Pravděpodobným důvodem byla hraniční nebo deficitní hladina aminokyselin v takto formulované dietě – s 30% podílem DDGS.

Další experimenty by měly zhodnotit potřeby aminokyselin v dietách s vysokým podílem DDGS.

Vědci z Mississippi State University pod vedením Alexe Corza hodnotili efekt zařazení DDGS do krmné dávky brojlerů ve výkrmu na podíl prsní svaloviny a kvalitu stehenní svaloviny. Žádné signifikantní rozdíly nebyly zjištěny ($P > 0,05$) mezi pokusnou a kontrolní skupinou zvířat s ohledem na barvu, mezní pH a ztrátu vařením. Kromě toho nebyly zjištěny žádné rozdíly ($P > 0,05$) ani mezi porovnávanými variantami v přijatelnosti textury, ale kontrolní varianta byla mírně ($P < 0,05$) preferovanější s ohledem na barvu a celkovou přijatelnost. V senzorickém rozdílovém testu však spotřebitelé nedokázali odlišit vzorky zvířat z kontrolní a pokusné skupiny. Jatečné trupy zvířat krmených DDGS vykazovaly vyšší ($P < 0,05$) procentický podíl kyseliny linolové a polynenasycených mastných kyselin indikujících mírně zvětšenou náchylnost k oxidativním změnám.

Celkově je možné učinit ze získaných dat závěr, že oba krmivářské postupy zajistily výtěžek prsní a stehenní svaloviny vysoké kvality s minimálními rozdíly v kvalitě finálního produktu (20).

Kanadští vědci z University of Manitoba se snažili odhadnout ileální stravitelnost aminokyselin pěti různých vzorků pšeničných DDGS zkrmovaných brojlerům. Z výsledků vyplynulo, že formulace krmných diet v běžné praxi na základě hodnot standardní ileální stravitelnosti může zvýšit její přesnost, zabránit živinovému nadhodnocení diet a zredukovat náklady na bezpečnostní rezervu (BANDEGAN et al. 2009).

Tab. 19 nabízí srovnání nutričního složení DDGS, HP-DDG a dehydrovaných kukuřičných klíčků. HP-DDG obsahuje výrazně vyšší procento N-látek a celkového lyzinu, méně hrubého tuku a celkového fosforu ve srovnání s DDGS. Obsah energie v těchto dvou produktech je přibližně stejný.

Tab. 19 Porovnání obsahu živin u nových produktů (6)

Živina, %	DDGS	HP-DDG	Kukuřičné klíčky
TME ¹ , kJ/kg	13 013,00	12 2598 ,00	18 368,00
N-látky	29,60	43,00	17,50
Hrubý tuk	10,80	4,30	20,20
Lyzin, celkem	1,02	1,43	0,84
Fosfor, celkem	0,92	0,50	1,66

¹ celková metabolizovatelná energie

V rámci jednoho experimentu při zařazení 6 a více % HP-DDG došlo u brojlerů k deficienci lyzinu, obsah stravitelného lyzinu byl zřejmě nižší, než se předpokládalo. To jenom dokresluje nutnost mít k dispozici přesné analýzy obsahu živin v daném produktu.

APPLEGATE (in 6) referoval o výsledcích experimentu, v jehož rámci bylo až 50 % sójové moučky v krmné dávce brojlerů nahrazeno HP-DDG. Záměna se neodrazila negativně ani na užitkovosti vykrmovaných ptáků ani na podílu prsní svaloviny ve věku 42 dní.

7.3 Nosnice

Pokusy provedené na univerzitě v Nebrasce se zabývaly vlivem zkrmování DDGS nosnicím v množství 5, 10, 20 a 25 % z krmné dávky ve věku od 24 do 46 týdnů. Obsah metabolizovatelné energie v krmných dávkách byl 11 599 kJ/kg. Krmné dávky dále obsahovaly 16,5 % proteinu, 0,83 % lyzinu a 0,75 % aminokyselin se sírou. Nosnice byly ustájeny v klecích po 6 kusech.

Mezi pokusnými skupinami nebyly zjištěny významné rozdíly v příjmu krmiva, průměrné produkci vajec nebo přírůstku hmotnosti. Nosnice krmené 20 a 25 % DDGS však vykazovaly ve srovnání s nosnicemi krmenými nižší hladinou DDGS nižší přírůstky hmotnosti.

Hmotnost vajec byla hladinou DDGS významně ovlivněna. Nosnice krmné dávkami s obsahem 0, 5, 10, 15, 20 a 25 % DDGS vykazovaly následující hmotnost vajec: 60,6; 60,4; 60,8; 60,0; 59,0 a 59,0 g. Mezi pokusnými skupinami nebyly zjištěny významné rozdíly v Haugh-jednotkách, hladině albuminu a specifické hmotnosti. Intenzita barvy žloutku se se stoupající hladinou DDGS zvyšovala a podle Roche měřítka pro intenzitu barvy dosahovala hodnoty až 7,2 u vajec od nosnic krmených dávkou s podílem 25 % DDGS.



Ilustrační foto

Aplikace více než 25 % DDGS v první fázi produkce vajec neměla negativní vliv na příjem krmiva, produkci vajec, Haugh-jednotky a specifickou hmotnost; při nejvyšší hladině DDGS se zlepšila barva žloutku. Stoupající hladina DDGS nad 15 % se projevila ve snížení hmotnosti vajec (33).

Použití komerčně dostupné fytázy jako prostředku ke zlepšení dostupnosti aminokyselin v krmných dietách pro drůbež bylo podrobena řadě zkoumání, jejichž výsledky jsou nekonzistentní a vyvolávají řadu otázek. Někteří autoři referují o zvýšení stravitelnosti aminokyselin v dietách pro drůbež, jiní o žádném pozitivním účinku na stravitelnost aminokyselin v dietách s obsahem DDGS nereferují. Vědci se domnívají, že by pozitivní vliv fytázy mohl spočívat ve zmírnění deficiencie fosforu, který je esenciálním prvkem pro membránové funkce a aktivní transport Na/K podmiňující absorpci aminokyselin (FARAHAT 2009).

7.4 Krůty

NOLL a BRANNON (2009) ověřovali vliv zařazení DDGS do krmných dávek ve výkrmu krůt. Výsledky prokázaly, že začlenění DDGS do krmných diet vykrmovaných krocanů nemělo negativní vliv na živou hmotnost nebo jatečnou výtěžnost. Konverze krmiva se zvýšila mírně v poměru k dietám, které DDGS neobsahovaly.

8 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Nákladovost

Cenu DDGS je nutné poměřovat s cenou sóji a zrnin. Při porovnávání nutričních hodnot je nutné vždy vzít v úvahu stravitelnost proteinu. Jako vodítko uvádí WAXENECKER (126) jednoduchou rovnici, která může napomoci při odhadu výše nákladů na začlenění této krmné přísady:

$$\text{Hodnota nákladů u DDGS} = \frac{2 \times \text{cena za kukuřici} + 1 \times \text{cena sójového šrotu [48 \% XP]}}{3 \text{ až } 4}$$

Vědci z University of Illinois vyvinuli tzv. DDGS Calculator. STEIN (2007) uvádí 2 příklady náhrady některých komponent krmné dávky prasat DDGS (tab. 22, tab. 23 a tab. 24). Ceny krmných komponent jsou uvedeny v tab. 20.

Tab. 20 **Výchozí ceny platné v době kalkulace** (zařazení: 10 % DDGS)

Krmná složka	Cena
DDGS	169 USD/t
Kukuřice	117 USD/t
Sójový šrot, 48 %	332 USD/t
Monokalcium fosfát	800 USD/t
Tuk	0,62 USD/kg
L-lyzin HCL	2,56 USD/kg
L-tryptofan	35,55 USD/kg
Vápenec	28 USD/t

Tab. 21 Krmné diety pro březí prasnice (monokalciumfosfát)

Navýšení	RC ¹	%	USD/t krmiva	Snížení	RC ¹	%	USD/t krmiva
DDGS	1,000	10,00	16,90	Kukuřice	-0,740	-7,40	-13,21
L-lyzin HCl	0,003	0,03	0,69	Sójový šrot, 48%	-0,240	-2,40	-7,97
Vápenec	0,009	0,09	0,03	Monokalciumfosfát	-0,022	-0,22	-1,76
				Tuk	-0,100	-0,10	-0,56
Celkem		10,12	17,60	Celkem		-10,12	-23,50

¹ substituční koeficient

Pozn.: Tryptofan je nutné doplnit v případě dávky DDGS převyšující 20 %.

Netto změna nákladů na krmení při použití 10 % DDGS je -5,89 USD (=17,60-23,50) za tunu krmiva.

Tab. 22 Všechny ostatní diety (monokalciumfosfát)

Navýšení	RC ¹	%	USD/t krmiva	Snížení	RC ¹	%	USD/t krmiva
DDGS	1,000	10,00	16,90	Kukuřice	-0,570	-5,70	-10,18
L-lyzin HCL	0,010	0,10	2,30	Sójový šrot, 48%	-0,425	-4,25	-14,11
Vápenec	0,010	0,10	0,03	Mnokalciumpfosfát	-0,020	-0,20	-1,60
L-tryptofan	0,0015			Tuk	-0,005	-0,05	-0,28
Celkem		10,20	19,23	Celkem		-10,20	-26,17

Netto změna nákladů na krmiva při použití 10 % DDGS je -6,94 USD (=19,23-26,17) za tunu krmiva.

Tab. 23 Krmné diety pro březí prasnice (dikalciumfosfát)

Navýšení	RC ¹	%	USD/t krmiva	Snížení	RC ¹	%	USD/t krmiva
DDGS	1,000	10,00	16,90	Kukuřice	-0,740	-7,40	-13,21
L-lyzin HCL	0,003	0,03	0,69	Sójový šrot, 48%	-0,240	-2,40	-7,97
Vápenec	0,009	0,09	0,03	Dikalciumfosfát	-0,026	-0,26	-1,76
				Tuk	-0,10	-0,10	-0,56
Celkem		10,16	17,63	Celkem		-10,16	-22,65

Netto změna nákladů na krmiva při použití 10 % DDGS je -5,03 USD (=17,63-22,65) za tunu krmiva.

Tab. 24 Všechny ostatní diety (dikalciumfosfát)

Navýšení	RC ¹	%	USD/t krmiva	Snížení	RC ¹	%	USD/t krmiva
DDGS	1,000	10,00	16,90	Kukuřice	-0,569	-5,69	-10,16
L-lyzin HCL	0,010	0,10	2,30	Sójový šrot, 48%	-0,425	-4,25	-14,11
Vápenec	0,010	0,10	0,04	Dikalciumfosfát	-0,024	-0,24	-0,84
L-tryptofan	0,0015			Tuk	-0,005	-0,05	-0,28
Celkem		10,20	19,24	Celkem		-10,20	-25,39

Netto změna nákladů na krmiva při použití 10 % DDGS je -6,94 USD (=19,24-25,39) za tunu krmiva.

Význam obnovitelných zdrojů energie do budoucna bude stoupat zejména z důvodu ochrany životního prostředí, snížení závislosti na zdrojích fosilních paliv, zvýšení zaměstnanosti v zemědělství a zlepšení příležitostí pro farmáře.

Nové technologie výroby bioetanolu umožňují konvertovat větší podíl škrobu obilného zrna na etanol, které vedou k produkci vedlejších produktů vyznačujících se odlišným složením a vyšší kvalitou. Odlišné technologie používané ve výrobním procesu umožňují další frakcionaci zrna nebo koproduktů, které dávají vznik celé škály odlišných produktů. Aby bylo možné využít tyto nové produkty ve výživě prasat a drůbeže, musí vědci pracovat na stanovení jejich nutriční hodnoty s ohledem na stravitelnost energie a živin. Další krok spočívá v determinaci množství těchto vedlejších produktů výroby biolihi, které je možné zařadit do krmných diet jednotlivých kategorií prasat a drůbeže s cílem dosáhnout maximálního zlepšení užitkovosti, aniž by současně došlo k redukci kvality finálního produktu.

1. FIA doporučila analytické testy lihovarských výpalků. 2009. [online]. 2008 [2009-10-03]. Dostupné z: <http://www.bezpecna-krmiva.cz/soubory/vypalky.doc>
2. Alternativní paliva. [online]. 2008 [2009-11-11]. Dostupné z: <http://www.cschi.cz/urppz/altpal.asp>
3. Answers to the Criticisms of Biofuels. [online]. 2008 [2009-09-25]. Dostupné z: http://www.abengoabioenergy.es/sites/bioenergy/en/acerca_de/informacion_tecnica/preg_frec/index.html
4. As ethanol production rises, so do mycotoxin problems. [online]. 2008 [2009-11-11]. Dostupné z: http://www.alltech.com/en_US/media/releases/Pages/Asethanolproductionrises,sodomycotoxinproblems.aspx
5. BANDEGAN, A. – GUENTER, W. – HOEHLER, D. Standardized ileal amino acid digestibility in wheat distillers dried grains with solubles for broilers. *Poultry Sci.*, 2009, roč. 88, č. 12, s. 2592–9.
6. BATAL, A. DDGS an alternative ingredient for poultry. *Feedstuffs*, 2009, roč. 81, č. 36, s. 10–11.
7. BATAL, A. How much DDGS for poultry? *Feed Management*, 2009, roč. 60, č. 3, s. 22 a 23.
8. BEDNÁŘ, J. Různý přístup k biopalivům. *Zemědělec*, 2009, č. 39, s. 17 a 18.
9. BENZ, J. M. – LINNEEN, S. K. – DeROUCHEY, J. M. Effects of Dried Distillers Grains with Solubles on Growth performance and fat quality of finishing pigs. Swine Day 2007. [online]. 2008 [2009-10-23]. Dostupné z: www.asi.k-state.edu
10. BEST, P. – GILL, C. Alert on feedstuffs fungus and toxins. *Feed Intern.*, 2006, roč. 27, 3, s. 21–23.
11. BICKERT, CH. Qualität bleibt gefragt. *DLG-Mitteilungen*, 2009, č. 7, s. 43–45.
12. Biofuel Market Analysis. [online]. 2009 [2009-11-11]. Dostupné z: http://www.ncos.com/Press_Releases/Biofuels-Solution-for-Future-Energy-Need.htm
13. Biofuels: Potential Effects & Challenges. [online]. 2008 [2009-10-09]. Dostupné z: www.gao.gov/new.items/d09446.pdf
14. BISTRICH, H. – BIRSCHITZKY, J. Optimale Getreidearten und sorten für die Produktion von Bioethanol. *Der fortschrittliche Landwirt*, 2005, č. 23, s. 12.
15. Bleak times for US biodiesel sector. *Agra Europe*, 2009, č. 2363, s. M/6.
16. BUDZINSKY, J. Ethonomics Unleashed. *Watt Poultry USA*, roč. 8, 2007, č. 4, s. 16 a 17.
17. CLEMENS, R. – BABCOCK, B. Steady Supplies or Stockpiles? Demand for Corn-Based Distillers Grains by the U.S. Beef Industry. MATRIC Briefing Paper 08-MBP 14, Midwest Agribusiness Trade Research and Information Center, Iowa State University, March. [online]. 2008 [2009-09-15]. Dostupné z: <http://www.card.iastate.edu/publications/DBS/PDFFiles/08mbp14.pdf>
18. Climate change and bioenergy challenges for food and agriculture. High Level Expert Forum – How to Feed the World in 2050. [online]. 2009 [2009-11-11]. Dostupné z: http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/HLEF2050_Climate.pdf
19. CORZO, A. – SCHILLING, M. W., LOAR, R. E. The effects of feeding distillers dried grains with solubles on broiler meat quality. *Poultry Sci.*, 2009, roč. 88, č. 5, s. 432–439.
20. CORZO, A. et al. Broilers, layers benefit from diets with DDGS. *Feedstuffs*, roč. 81, 2009, č. 14, s. 10 a 11.
21. CROMWELL, G. L. – HERKELMAN, K. L. – STAHLY, T. S. Physical, chemical, and nutritional characteristics of distillers dried grains with solubles for chicks and pigs. *J. Anim. Sci.*, 1993, roč. 71, č. 2, s. 679–686.
22. DALE, N. The Coming Energy Drain In Feedstuffs. *Watt Poultry USA*, 2007, roč. 8, č. 4, s. 18–20.
23. DAWSON, K. Distillers dried grains (DDGS): Towards a universally accepted quality control system. [online]. 2008 [2009-11-11]. Dostupné z: http://www.alltech.com/en_US/media/releases/Pages/Overcomingthefuturechallengesfacingfeedqualityandregulation.aspx
24. DDGS – sušené lihovarské výpalky (pelety). Bezpečnostní list. [online]. 2008 [2009-11-03]. Dostupné z: http://www.plp.cz/data/BL_ddgs.pdf
25. DDGS User Handbook. U.S. Grains Council. Washington, DC. [online]. 2009 [2009-11-21]. Dostupné z: <http://www.grains.org/page.wv?section=DDGS+User+Handbook&name=DDGS+User+Handbook>
26. DDGs-Ethanol Byproduct Fights Weeds, Boosts Crop Yields. *Agricultural Research*, 2007, č. 5–6, s. 18.
27. DeDECKER J. M. – ELLIS, M. – WOLTER, B. F. Effects of dietary level of distiller's dried grains with solubles and fat on the growth performance of growing pigs. *J. Anim. Sci.*, roč. 83, 2005, s. 79.
28. DESPLECHIN, E. Brazil's Sugarcane Ethanol: 2009 and Outlook. World Biofuels Conference Sevilla 28/05/2009. [online]. 2009. [2009-11-22]. Dostupné z: http://www.abengoabioenergy.es/sites/bioenergy/en/acerca_de/sala_de_prensa/historico/2009/20090529_noticias.html
29. Distiller's Dried Grains with Solubles. [online]. 2008 [2009-11-11] <http://www.ddgs.umn.edu/overview.htm>
30. Distiller's grains raising antibiotic concerns. *Feed Mix*, 2009, roč. 17, č. 4, s. 7
31. DIVIŠ, J. BIOPALIVA - poněkud odlišný pohled. [online]. 2008 [2009-09-11]. Dostupné z: <http://www.techtydenik.cz/detail.php?action=show&id=1754&mark=>

32. DHUYVETTER, K. C. – KASTENS, T. L. – BOLAND, M. The U.S. Ethanol Industry: Where Will It Be Located in the Future? Agricultural Issues Center, University of California, Davis, November 2005. [online]. 2005. [2009-09-11]. Dostupné z: [http://www.agmanager.info/agribus/energy/Ethanol%20Industry\(AgMRC\)--11.25.05.pdf](http://www.agmanager.info/agribus/energy/Ethanol%20Industry(AgMRC)--11.25.05.pdf)
33. DUDLEY-CASH, B. DDGS level affects egg weight. *Feedstuffs*, 2009, roč. 81, č. 10, s. 11 a 12.
34. DUDLEY-CASH, B. Feed additive improves broiler performance, *Feedstuffs*, 2009, roč. 81, č. 9, s. 10–11.
35. EMIOLA, I. A. – OPAPEJU, F. O. – SLOMINSKI, B. A. Growth performance and nutrient digestibility in pigs fed wheat distillers dried grains with solubles-based diets supplemented with a multicarbohydrase enzyme. *J. Anim. Sci.*, 2009, roč. 86, č. 7, s. 2315–2322.
36. Ethanol production and its co-products in Europe. *Feed Tech*, 2003, roč. 7, č. 4, s. 30.
37. Ethanol to take 30 % of 2012 corn crop. *Feedstuffs*, 2007, roč. 79, č. 30, s. 13.
38. Ethanol schlempe pellets auch für Ferkel? *DLG-Mitteilungen*, 2009, č. 4, s. 11.
39. FAHRENHOLZ, A. C. The Effects of DDGS Inclusion on Pellet Quality and Pelleting Performance. [online]. 2005. [2009-11-30]. Dostupné z: <http://krex.k-state.edu/dspace/bitstream/2097/1077/1/AdamFahrenheit2008.pdf>
40. FARAHAT, M. H. Improving DDGS for poultry diets. *Feed Mix*, 2009, roč. 17, č. 4, s. 23–25.
41. FASTINGER, N. D. – MAHAN, D. C. Determination of the ilea amino acid and energy digestibilities of corn distillers dried grains with solubles grower-finisher pigs. *J. Anim. Sci.*, 2006, roč. 84, č. 7, s. 1722–1728.
42. FATKA, J. Chinas DDGS imports. *Feedstuffs*, 2009, roč. 81, č. 41, s. 24.
43. FATKA, J. POET joins pipeline project. *Feedstuffs*, 2009, roč. 81, č. 12, s. 5.
44. FEOLI, C. – ISSA, S. – GUGLE, T. L. Feeding DDGS to pigs. *Feedstuffs*, 2007, roč. 79, č. 30, s. 20, 21 a 29.
45. FOX, J. A. The Value of Distillers Dried Grains in Large International Markets. [online]. 2008 [2009-11-21]. Dostupné z: <http://www.matric.iastate.edu/DGbook/chapters/chapter6.pdf>
46. GAINES, A. M. – AUGSPURGER, N. R. – KITT, S. J. Effect of Corn Distillers Dried Grains with Solubles (DDGS) Withdrawal Program on Growth Performance and Carcass Yield in Grow-Finish Pigs. *J. Anim. Sci.*, 2007, roč. 85, s. 438.
47. German farms face growing pressure. *Agra Europe*, 2009, č. 2369, s. N/5.
48. GILL, C. New, improved DDGS for pigs. *Feed Intern.*, 2005, roč. 26, č. 5, s. 26–28.
49. Global Biofuel Market Analysis. [online]. 2009 [2009-10-27]. Dostupné z: http://www.rncos.com/Press_Releases/Biofuels-Solution-for-Future-Energy-Need.htm
50. Global ethanol output growth slows. *Agra Europe*, 2009, č. 2363, s. M/5
51. GOIHL, J. DDGS can be fed to swine in all phases. *Feedstuffs*, 2009, roč. 81, č. 21, s. 10 a 11.
52. GRALAPP, A. K. – POWERS, W. J. – FAUST, M. A. Effects of dietary ingredients on manure characteristics and odorous emissions from swine. *J. Anim. Sci.*, 2002, roč. 80, č. 7, s. 1512–1519.
53. GREINER, L. – WANG, X. – ALLEE, G. L. DDGS can be added to lactating sow diets. *Feedstuffs*, 2009, roč. 81, č. 13, s. 10 a 11.
54. HASTAD, CH. DDGS: growing potential in pig diets. *Feed Mix*, 2006, roč. 14, č. 5, s. 11–13.
55. Highest Brazilian ethanol prices in five years. *Agra Europe*, 2009, č. 2384, s. M/7–M/8.
56. HILBRANDS, A. M. – JOHNSTON, L. J. – SHURSON, G. C. Influence of rapid introduction and removal of dietary corn distillers dried grains with solubles (DDGS) on pig performance and carcass characteristics. [online]. 2007 [2009-12-01]. Dostupné z: <http://www.ddgs.umn.edu/abstracts-swine/2009-Hilbrands-%20Influence%20of%20rapid%20introduction%20and%20removal%20of-.pdf>
57. HILL, G. M. – RINCKER, M. J. – KARGES, K. Utilization of Distillers Dried Grains with Solubles and Phytase in Sow Lactation Diets to Meet the Phosphorus Requirement of the Sow and Reduce Fecal Phosphorus Concentrations. *J. Anim. Sci.*, 2008, roč. 86, č. 1, s. 112–118.
58. HINSON, R. – ALLEE, G. – GRINSTEAD, G. Effect of amino acid program (Low v. High) and dried distiller's grains with solubles (DDGS) on finishing pig performance and carcass characteristics. [online]. 2007 [2009-11-01]. Dostupné z: <http://adsa.psa.ampa.asas.org/meetings/2007/abstracts/0437.PDF>
59. HOOGE, D. M. HSCAS improves pellet throughput. *Feedstuffs*, 2009, roč. 81, č. 4, s. 24 a 26.
60. How to feed the world 2050. The technology challenge. High Level Expert Forum. 2009. [online]. 2009 [2009-11-11]. Dostupné z: http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/HLEF2050_Technology.pdf
61. Chinese Swine Team Increases Interest in US DDGS. [online]. 2009 [2009-11-11]. Dostupné z: <http://www.thepigsite.com/swinenews/22144/chinese-swine-team-increases-interest-in-us-ddgs>
62. Indian Biofuel Industry to Grow Strongly. [online]. 2009 [2009-11-11]. Dostupné z: <http://www.rncos.com/Report/IM098.htm>
63. JOHNSTON, L. – HILBRANDS, A. – SHURSON, G. Corn and DDGS Diet Switching Do Not Affect Pig Performance. [online]. 2008 [2009-12-02]. Dostupné z: <http://nationalhogfarmer.com/nutrition/feed-quality/1215-corn-ddgs-nonadditive/>
64. JONES, C. K. – BERGSTROM, J. – TOKACH, M. Digging Deep to Capitalize on DDGS. *Nat. Hog Fmr*, 2009, roč. 54, č. 8, s. 22–28.
65. KERR, B. – WEBER, T. – ZIEMER, CH. Feeding DDGS supports piglet immune systems. *Feedstuffs*, 2009, roč. 81, č. 7, s. 15.

66. KHAMMAS, A. W. Buch der Synergie. [online]. 2007 [2009-11-11].
Dostupné z: http://www.buch-der-synergie.de/c_neu_html/c_03_13_ethanol_kanada_bis_usa.htm
67. KIM, B. G. – PETERSEN, G. I. – STEIN, H. H. Amino acid digestibility and energy concentration in a novel source of high-protein distillers dried grains and their effects on growth performance of pigs. *J. Anim. Sci.*, 2009, roč. 87, č. 12, s. 4013–4021.
68. Lincolnland Agri-Energy, LLC. [online]. 2009. [2009-11-12].
Dostupné z <http://www.lincolnlandagrienergy.com/pages/custom.php?id=4444>
69. LINNEEN, S. K. – DeROUCHEY, J. M. – DRITZ, S. S. Effects of dried distillers grains with solubles on growing and finishing pig performance in a commercial environment. *J. Anim. Sci.*, 2008, roč. 86, č. 7, s. 1579–1587.
70. Long-term outlook positive. *Feedstuffs*, 2009, roč. 81, č. 28, s. 16, [online]. 2009 [2009-11-12]. Dostupné z: www.pikeresearch.com
71. LUNDEEN, T. DDGS use prompts questions. *Feedstuffs*, 2008, roč. 80, č. 5, s. 5.
72. LYONS, M. Distillers dried grains: a sustainable energy source. 2008 [2009-11-18].
Dostupné z: http://www.alltech.com/en_US/media/releases/Pages/Distillersdriedgrainsasustainableenergysource.aspx
73. LYONS, P. Ethanol: Darling of Wall Street or scourge of the feed industry? *Feed Tech*, 2007, roč. 11, č. 1, s. 16–19.
74. LYONS, P. The corn crisis: Are there opportunities? Will ethanol simply displace gasoline or will it ultimately take feed out of the bunk and food off the table? [online]. 2008 [2009-11-16].
Dostupné z: http://www.alltech.com/en_US/media/releases/Pages/ThenewenergycrisisfeaturedatAlltech'sSymposium.aspx
75. LYONS, P. The new energy crisis: Food, Feed or Fuel? Will ethanol displace gasoline or simply take food off our plates and feed from our animals? [online]. 2009 [2009-10-19]. Dostupné z: www.alltech.com/symposium
76. MARTINEZ-AMEZCUA, C. – PARSONS, C. M. – BAKER, D. H. Effect of microbial phytase and citric acid on phosphorus bioavailability, apparent metabolizable energy, and amino acid digestibility in distillers dried grains with solubles in chicks. *Poultry Sci.*, 2006, roč. 85, č. 3, s. 470–475.
77. MARTINEZ-AMEZCUA, C. – PARSONS, C. M. Effect of Increased Heat Processing and Particle Size on Phosphorus Bioavailability in Corn Distillers Dried Grains with Solubles. *Poult. Sci.*, 2007, roč. 86, č. 2, s. 331–337.
78. MATEO, R. – HWANG, S. – CHU, P. Multi-enzymes can maximize swine diet nutrients. *Feed Intern.*, 2008, roč. 29, č. 1, s. 24–26.
79. McEWEN, P. Canadian Experience with Feeding DDGS. [online]. 2008 [2009-11-19].
Dostupné z: http://www.londonswineconference.ca/proceedings/2008/LSC2008_PMcEwen.pdf
80. Neuer US-Agrarminister setzt auf Bioenergie. *Top Agrar*, 2009, č. 2, s. 10.
81. NEUMANN, H. Bioethanol: Neue Verwertung für 1,6 Mio. t Getreide. *Top Agrar*, 2005, č. 3, s. 140–142.
82. NITRAYOVÁ, S., BRESTENSKÝ, M. DDGS – nový komponent krmných zmesí pre ošpané. *Krmivárství*, 2009, č. 3, s. 30 a 31.
83. NOLL, S. – BRANNON, J. Protein improves turkey gain. *Feedstuffs*, 2009, roč. 81, č. 41, s. 10 a 12.
84. NRC. Nutrient Requirements of Swine. 10th rev. Ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC., 1998, s. 110–123.
85. NYACHOTI, CH. M. – HOUSE, J. D. – SLOMINSKI, B. A. Energy and nutrient digestibilities in wheat dried distillers' grains with solubles fed to growing pigs. *J. Sci. Food Agric.*, 85, 2005, č. 9, s. 2581–2586.
86. PAHM, A. A. – PEDERSEN, C. – HOEHLER, D. Factors Affecting the Variability in Ileal Amino Acid Digestibility in Corn Distillers Dried Grains with Solubles Fed to Growing Pigs. *J. Anim. Sci.*, 2008, roč. 86, č. 3, s. 868–878.
87. PEDERSEN, C. – BOERSMA, M. G. – STEIN, H. H. Digestibility of energy and phosphorus in ten samples of distillers dried grains with solubles fed to growing pigs. *J. Anim. Sci.*, 85, 2007, č. 5, s. 1168–1176.
88. PETTIGREW, J. E. – HOLLIS, G. R. – BAKER, D. H. Nutrition & Health. *Feedstuffs 2010, Reference Issue and Buyers Guide*, 2009, roč. 80, č. 38, s. 24–28.
89. Practical Application of DDGS in Feed Under Study. [online]. 2009 [2009-11-11].
Dostupné z: <http://www.thepigsite.com/swinenews/20934/practical-application-of-ddgs-in-feed-under-study>
90. Program to aid DDGS utilization. *Feedstuffs*, 2009, roč. 81, č. 34, s. 13.
91. RENDLEMAN, M. – SHAPOURI, H. New Technologies in Ethanol Production. [online]. 2008 [2009-12-11].
Dostupné z: <http://www.usda.gov/oce/reports/energy/BiobasedReport2008.pdf>
92. Renewable Fuels Association. Changing the Climate, Ethanol Industry Outlook 2008. [online]. 2008 [2009-05-11].
Dostupné z: http://www.ethanolrfa.org/objects/pdf/outlook/RFA_Outlook_2008.pdf
93. ROSENTRATER, K. A. Distillers grains 100% pelletizable. *Feedstuffs*, 2007, roč. 79, č. 27, s. 10.
94. ROSENTRATER, K. A. Economics and Impacts of Ethanol Manufacture. *BioCycle*, 2006, roč. 47, č. 12, s. 44–49.
95. ROZEBOOM, D. – GUTHRIE, T. Inclusion of Distiller's Dried Grains with Solubles (DDGS) in Swine Diets. [online]. 2007 [2009-11-14].
Dostupné z: <https://www.msu.edu/~rozeboom/xtradata/DDGS%20-%20GUT%20&%20Rozeboom.pdf>
96. SENNE, B. W. – HANCOCK, J. D. – MAVROMICHALIS, I. Use of sorghum-based distillers grains in nursery and finishing pigs. [online]. 1996 [2009-11-11].
Dostupné z: <http://www.ddgs.umn.edu/articles-swine/1996-Senne-%20Use%20of%20sorghum-based%20dg%20in-.pdf>

97. Service Improves Use of DDGS. *National Hog Farmer*, 2009, roč. 54, č. 9, s. 34.
98. SHURSON, G. C. Ethanolmania Driving By-Product Research. *Nat. Hog Fmr*, 2006, roč. 51, č. 11, s. 14–18.
99. SHURSON, G. C. Issues and Opportunities Related to the Production and Marketing of Ethanol By Products. Agricultural Outlook Forum 2005. [online]. 2005 [2009-11-01]. Dostupné z: <http://www.ddgs.umn.edu/articles-proc-storage-quality/2005-Shurson-%20AgOutlook-Forum-Feb05.pdf>
100. SHURSON, G. C. Proposed Recommended Laboratory Testing Procedures for Distiller's Grains By-Products. [online]. 2005 [2009-11-30]. Dostupné z: http://www.ddgs.umn.edu/analytical_procedures/Final%20Recommended%20DDGS%20Testing%20Procedures%204-8-05.pdf
101. SHURSON, G. C. What We Know About Feeding Liquid By-Products to Pigs. [online]. 2008 [2009-11-11]. Dostupné z: <http://www.ddgs.umn.edu/articles-swine/2008-Shurson-%20What%20we%20know%20about-.pdf>
102. SHURSON, G. C. – POMERENCKE, J. Use of U.S. DDGS in Practical Swine Diet Formulations. [online]. 2008 [2009-11-11]. Dostupné z: <http://www.ddgs.umn.edu/articles-swine/2008-Shurson-%20Use%20of%20US%20DDGS%20in%20practical%20swine%20diets.pdf>
103. SHURSON, G. C. – XU, G. – KERR, B. Biofuel by-products spur interest in dietary enzymes. *Nat. Hog Fmr*, 2008, roč. 53, č. 3, s. 16–18.
104. SHURSON, G. C. Issues and Opportunities Related to the Production and Marketing of Ethanol By-Products. [online]. 2005 [2009-09-11]. Dostupné z: <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/32880/1/fo05sh03.pdf>
105. SCHRAA, M. War da mal was...? *DLG-Mitteilungen*, 2009, č. 5, s. 61–63.
106. SOARES, J. A. – SINGH J. V. – SRINIVASAN, R. Enhanced DDGS Offer Improved Swine Diets. 2008. [online]. 2008 [2009-10-18]. Dostupné z: <http://nationalhogfarmer.com/nutrition/1215-ddgs-offer-diets/>
107. SOARES, J. A. – STEIN, H. H. – SHURSON, G. C. Amino acid digestibility of corn distillers solubles-related co-products in growing pigs. [online]. 2009 [2009-10-24]. Dostupné z: <http://www.ddgs.umn.edu/abstracts-swine/2009-Soares-%20Amino%20acid%20digestibility%20of-.pdf>
108. SPIEHS, M. J. – WHITNEY, M. H. – SHURSON, G. C. Nutrient database for distiller's dried grains with solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. *J. Anim. Sci.*, 2002, roč. 80, č. 7, s. 2639–2645.
109. STARK, CH. R. – JONES, F. T. Quality assurance program in feed manufacturing. *Feedstuffs 2010*, Reference Issue and Buyers Guide, 2009, roč. 80, č. 38, s. 24–28.
110. STEIN, H. H. Use of Distillers Co-products in Diets Fed to Swine. [online]. 2009 [2009-11-18]. Dostupné z: <http://www.matric.iastate.edu/DGbook/chapters/chapter4.pdf>
111. STEIN, H. H. – SÈVE, B. – FULLER, M. F. Invited review: Amino acid bioavailability and digestibility in pig feed ingredients: Terminology and application. *J. Anim. Sci.*, 2007, roč. 85, s. 172–180.
112. STEIN, H. H. – SHURSON, G. C. Board-invited review: The use and application of distillers dried grains with solubles in swine diets. *J. Anim. Sci.*, 2009, roč. 87, č. 4, s. 1292–1303.
113. STEIN, H. H. Distillers dried grains with solubles (DDGS) in diets fed to swine. [online]. 2008 [2009-11-11]. Dostupné z: http://www.distillersgrains.org/files/feedsource/swine_brochure.pdf
114. STEINHÖFEL, O. – ENGELHARDT, T. Pressschlempe: Interessantes Futter und lagerfähig. *dlz*, 2006, č. 1, s. 108.
115. The Lincolnland Agri-Energy, LLC Ethanol Process. [online]. 2009 [2009-11-11]. Dostupné z: <http://www.lincolnlandagrienergy.com/pages/custom.php?id=4444>
116. THACKER, P. A. Nutrient digestibility, performance and carcass traits of growing-finishing pigs fed diets containing dried wheat distillers grains with solubles. *Can. J. Anim. Sci.*, 2006, roč. 86, č. 4, s. 527–529.
117. THORNTON, K. How DDGS looks from an American perspective. *Pig Intern.*, 2007, roč. 37, č. 2, s. 11–15.
118. TOKGOZ, S. – ELOBEID, A. – FABIOSA, J. Emerging Biofuels: Outlook of Effects on U.S. Grain, Oilseed, and Livestock Markets. CARD Staff Report 07-SR 101, Center for Agricultural and Rural Development, Iowa State University. [online]. 2009 [2009-10-12]. Dostupné z: <http://www.card.iastate.edu/publications/DBS/PDFFiles/07sr101.pdf>
119. U.S. Biobased Products Market Potential and Projections Through 2025. United States Department of Agriculture, Office of the Chief Economist, Office of Energy Policy and New Uses. February 2008. [online]. 2008 [2009-12-02]. Dostupné z: <http://www.usda.gov/oce/reports/energy/BiobasedReport2008.pdf>
120. URRIOLOA, P. E. – HOEHLER, D. – PEDERSEN, C. Amino acid digestibility of distillers dried grains with solubles, produced from sorghum, a sorghum-corn blend, and corn fed to growing pigs. *J. Anim. Sci.*, 2009, č. 8, s. 2574–2580.
121. USDA: Increasing amount of DDGS available. [online]. 2009 [2009-12-07]. Dostupné z: <http://www.feedstuffs.com/ME2/dirmod.asp?sid=F4D1A9DFCD974EAD8CD5205E15C1CB42&nm=Breaking+News&type=news&mod=News&mid=A3D60400B4204079A76C4B1B129CB433&tier=3&nid=A11C64616CD0404CA1B90231947C0294>
122. Verbrauch und Produktion legen zu. *DLG-Mitteilungen*, 2009, č. 10, s. 50.
123. Větší podíl biopaliv. *Zemědělec*, 2009, č. 44, s. 3.
124. Výstavba lihovaru na bioetanol v Trmicích úspěšně pokračuje. [online]. 2008 [2009-11-11]. Dostupné z: http://www.kisuk.cz/attachments/Vystavba_lihovaru_na_bioetanol_I.doc

125. WANG, Z. – CERRATE, S. – COTO, C. Use of Constant or Increasing Levels of Distillers Dried Grains with Solubles (DDGS) in Broiler Diets. *Int. J. of Poultry Sci.*, 2007, roč. 6, č. 7, s. 501–507.
126. WAXENECKER, F. DDGS can be used in pig diets. *Feedstuffs*, 2009, roč. 81, č. 24, s. 19 a 33.
127. WEAVER, L. Perspectives on the industry's future. *Feed Management*, 2008, roč. 59, č. 1, s. 14–17.
128. WHITE, H. M. – RICHERT, B. M. – RADCLIFFE, J. S. Feeding conjugated linoleic acid partially recovers carcass quality in pigs fed dried corn distillers grains with solubles. *J. Anim. Sci.*, 2009, roč. 81, č. 1, s. 157–166.
129. WHITNEY, M. H. – SHURSON, G. C. – SHANKS, B. C. Growth performance and carcass characteristics of grower-finisher pigs fed high-quality corn distillers dried grain with solubles originating from a modern Midwestern ethanol plant. *J. Anim. Sci.*, 2006, roč. 84, č. 12, s. 3356–3363.
130. WHITNEY, M. H., SHURSON, G. C. Growth performance of nursery pigs fed diets containing increasing levels of corn distiller's dried grains with solubles originating from a modern Midwestern ethanol plant. *J. Anim. Sci.*, 2004, roč. 82, č. 1, s. 122–128.
131. WHITNEY, M. H. – SHURSON, G. C. – GUEDES, R. C. Effect of dietary inclusion of distillers dried grains with solubles on the ability of growing pigs to resist a *Lawsonia intracellularis* challenge. *J. Anim. Sci.*, 2006, roč. 84, č. 7, s. 1860–1869.
132. WIDMER, M. R. – MCGINNIS, L. M. – STEIN, H. H. Energy, Phosphorus, and Amino Acid Digestibility of High-Protein Distillers Dried Grains and Corn Germ Fed to Growing Pigs. *J. Anim. Sci.*, 2007, roč. 85, s. 2994–3003.
133. WIDMER, M. R. – MCGINNIS, L. M. – WULF, D. M. Effects of Feeding Distillers Dried Grains with Solubles, High-Protein Distillers Dried Grains, and Corn Germ to Growing-Finishing Pigs on Pig Performance, Carcass Quality, and the Palatability of Pork. *J. Anim. Sci.*, 2008, roč. 86, č. 8, s. 1819–1831.
134. WIDYARATNE, G. P. – ZIJLSTRA, R. T. Nutrition value of wheat and corn distiller's dried grain with solubles: digestibility and digestible contents of energy, amino acids and phosphorus, growth performance of grower-finisher pigs. *Can. J. Anim. Sci.*, 2007, roč. 87, č. 1, s. 103–114.
135. WILTAFSKY, M. K. – SCHMIDTLEIN, B. – ROTH, F. X. Estimates of the optimum dietary ratio of standardized ileal digestible valine to lysine for eight to twenty-five kilograms of body weight pigs. *J. Anim. Sci.*, 2009, roč. 87, č. 8, s. 2544–2553.
136. XU, G. – WHITNEY, M. H. – SHURSTON, G. C. The Effects of Adding Distiller's Dried Grains with Solubles, with and without Phytase, to Swine Diets on Phosphorus Balance, and Phosphorus Levels and Chemical Forms of Phosphorus in Swine Manure. [online]. 2005 [2009-11-29].
Dostupné z: <http://www.ddgs.umn.edu/articles-swine/2005-Xu-%20Final%20DDGS%20phytase%20phosphorus%20research%20rep.pdf>
137. XU, G. – SHURSON, G. C. – KERR, B. The role of feed enzymes in swine feeding programs. *National Hog Farmer*, 2008, roč. 53, č. 3, s. 16–18.
138. ZEMAN, L. – KŘÍŽOVÁ, Š. – TVRZŇÍK, P. Využití vedlejších produktů z výroby bioetanolu. *Agromagazín*, 2008, roč. 9, č. 1, s. 44–48.
139. ZIGGERS, D. Wheat dictates DDGS supply in Europe. *Feed Tech*, 2007, roč. 11, č. 8, s. 18, 19, 20.