

玉米脱水酒精糟及其可溶物和维生素 E 水平对肥育猪生长性能、胴体和肉品质的影响

王 红 石宝明* 单安山 王连生
(东北农业大学动物营养研究所, 哈尔滨 150030)

摘 要: 本试验旨在研究饲料中玉米脱水酒精糟及其可溶物(DDGS)和维生素 E(VE)水平对肥育猪生长性能、胴体和肉品质的影响。采用 3×2 两因子完全随机试验设计, 设 3 个玉米 DDGS 水平(0、15%、30%)和 2 个维生素 E 水平(10、210 mg/kg)。选取平均体重为(60±2) kg 的“杜×长×大”三元杂交肥育猪 48 头(公母各占 1/2), 按性别、体重随机分为 6 个组, 每个组 8 个重复, 每个重复 1 头猪。试验期为 42 d。结果表明: 1) 玉米 DDGS 水平对肥育猪平均日增重和料重比无显著影响($P>0.05$), 对平均日采食量影响极显著($P=0.006$), 维生素 E 水平及玉米 DDGS 和维生素 E 的互作对生长性能无显著影响($P>0.05$); 2) 玉米 DDGS 和维生素 E 水平及其互作对胴体重、屠宰率、胴体斜长、背膘厚度、板油率和眼肌面积等胴体品质评定指标影响均不显著($P>0.05$), 胴体脂肪碘值随饲料中玉米 DDGS 水平的提高而极显著升高($P=0.001$); 3) 玉米 DDGS 水平对肌肉 pH、肉色、剪切力、滴水损失和大理石评分影响均不显著($P>0.05$), 饲料中添加 210 mg/kg 维生素 E 可显著降低肌肉剪切力和滴水损失($P<0.05$)。可见, 在肥育猪基础饲料中添加 15%~30% 玉米 DDGS 和 210 mg/kg 维生素 E 对其生长性能、胴体和肉品质无显著负影响。

关键词: 玉米 DDGS; 维生素 E; 肥育猪; 生长性能; 胴体品质; 肉品质

中图分类号: S828

文献标识码: A

文章编号: 1006-267X(2012)02-0314-08

玉米脱水酒精糟及其可溶物(distillers dried grains with solubles, DDGS)是指在现代化技术和设备条件下, 燃料乙醇工厂用玉米籽实与精选酵母、酶等混合发酵生产乙醇和二氧化碳后, 剩余的发酵残留物经干燥形成的共产品。玉米 DDGS 作为燃料乙醇生产的副产品, 具有高蛋白质、高脂肪、高有效磷、产量大和成本低等特点, 因此, 可作为一种优质的常规蛋白质和能量饲料资源替代品应用于单胃动物^[1-2]。但由于玉米 DDGS 粗脂肪含量(9%~13%)较高, 且大多为多不饱和脂肪酸, 若在肥育猪饲料中长期或大量使用, 其中的不饱和脂肪酸就会在猪体组织中大量沉积。猪肉在贮存过程中, 多不饱和脂肪酸极易发生氧化酸败,

严重影响肉的感官指标、卫生指标及缩短鲜猪肉货架期, 既给肉产品加工者带来困难, 又降低了消费者的可接受性。故有研究者建议, 生长肥育猪饲料中玉米 DDGS 的添加量不宜超过 20%^[3-4]。而维生素 E(维生素 E)是有效的天然抗氧化剂, 可防止脂质氧化, 改善肉质, 延长猪肉货架期^[5-7]。本试验在肥育猪饲料中添加 15%~30% 玉米 DDGS 替代玉米-豆粕型饲料中的部分甚至全部豆粕和部分玉米, 同时补充 210 mg/kg 维生素 E, 通过饲养试验和屠宰试验, 比较不同水平玉米 DDGS 和维生素 E 对肥育猪生长性能、胴体和肉品质的影响, 以探讨高水平玉米 DDGS 在肥育猪生产中应用的可行性, 为今后更为充分的开发利用玉米

收稿日期: 2011-09-08

基金项目: 高等学校博士学科点专项科研基金(20092325120008); 国家生猪产业技术体系(CARS-36)

作者简介: 王 红(1986—), 女, 河北张家口人, 硕士研究生, 研究方向为饲料与畜产品安全。E-mail: wanghong19860205@163.com

* 通讯作者: 石宝明, 副教授, 硕士生导师, E-mail: shibaoming1974@163.com

DDGS 饲料资源提供参考。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

玉米 DDGS 购自吉林燃料乙醇有限责任公司,经测定其粗蛋白质含量为 30.8%,粗脂肪含量为 8.5%。

维生素 E 醋酸酯购自黑龙江省哈尔滨市兽药大市场,纯度 50%。

1.2 试验设计与试验饲料

采用 3×2 两因子完全随机试验设计,设 3 个玉米 DDGS 水平(0、15%、30%)和 2 个维生素 E

水平(10、210 mg/kg)。选取平均体重为(60±2) kg的“杜×长×大”三元杂交肥育猪 48 头(公母各占 1/2),按性别、体重随机分为 6 个组,每个组 8 个重复,每个重复 1 头猪。试验期 42 d。

参照美国 NRC(1998)肥育猪营养需要配制玉米 DDGS 添加量分别为 0、15% 和 30% 的 3 种试验饲料,其组成及营养水平见表 1。

1.3 饲养管理与样品采集

试验在东北农业大学香坊农场试验基地进行。采用单栏饲养,每天 8:00 和 18:00 各饲喂 1 次,自由采食和饮水,按猪场常规程序进行驱虫、消毒及免疫。

表 1 试验饲料组成及营养水平(风干基础)

Table 1 Composition and nutrient levels of experimental diets (air-dry basis)

%

原料 Ingredients	玉米脱水酒精糟及其 可溶物添加水平 DDGS supplemental level/%			营养水平 Nutrient levels ²⁾	玉米脱水酒精糟及其 可溶物添加水平 DDGS supplemental level/%		
	0	15	30		0	15	30
脱水酒精糟及其可溶物 DDGS		15.00	30.00	消化能 DE/(MJ/kg)	13.89	13.90	13.89
玉米 Corn	78.86	73.30	67.61	代谢能 ME/(MJ/kg)	12.92	12.94	12.94
豆粕 Soybean meal	19.00	9.50		粗蛋白质 CP	14.55	14.54	14.51
石粉 Limestone	1.10	1.23	1.24	粗脂肪 EE	3.12	4.01	4.90
磷酸氢钙 CaHPO ₄	0.23			可消化赖氨酸 DLys	0.61	0.61	0.61
赖氨酸盐酸盐 Lys·HCl (98%)	0.01	0.17	0.33	可消化色氨酸 DTry	0.13	0.11	0.10
色氨酸盐酸盐 Try·HCl (98%)			0.02	可消化蛋氨酸+可消化胱氨酸 DMet+DCys	0.42	0.44	0.46
食盐 NaCl	0.30	0.30	0.30	可消化苏氨酸 DThr	0.47	0.43	0.40
预混料 Premix ¹⁾	0.50	0.50	0.50	钙 Ca	0.51	0.51	0.51
合计 Total	100.00	100.00	100.00	总磷 TP	0.37	0.40	0.46
				有效磷 AP	0.17	0.20	0.27

¹⁾ 预混料为每千克饲料提供 The premix provided the following per kg of diets: VA 7 600 IU, VD₃ 1 500 IU, VE 10 mg, VK₃ 2 mg, VB₁ 1 mg, VB₂ 3 mg, VB₆ 1 mg, VB₁₂ 12 μg, 生物素 biotin 30 μg, 泛酸钙 calcium pantothenate 7 mg, 叶酸 folic acid 0.4 mg, 烟酸 nicotinic acid 12 mg, 氯化胆碱 choline chloride 1 g, Zn 105 mg, Fe 100 mg, Mn 45 mg, Cu 20 mg, I 0.3 mg, Se 0.3 mg。

²⁾ 营养水平为计算值。Nutrient levels were calculated values.

饲养试验结束后,每组选取体重相近的 6 头试猪,按常规程序进行屠宰,在宰后 2 h 内取左侧胴体背最长肌肉用于肉品质评定。

1.4 检测指标与方法

1.4.1 生长性能测定

试验开始和试验结束后分别测定每头试猪的初始重和末重,并记录各重复的耗料量。计算每个组的平均日增重(ADG)、平均日采食量(ADFI)和料重比(F/G)。

1.4.2 胴体品质测定

胴体重:屠宰放血后,去头、蹄、尾和内脏(保留板油和肾脏)后的体躯重量;屠宰率:胴体重与宰前活重的百分比;胴体斜长:耻骨联合前缘至第 1 肋骨与胸骨结合处内缘的长度;背膘厚度:测定左半胴体第 1 肋、第 10 肋和最后肋骨处 3 点的膘厚;板油率:板油重与胴体重的百分比;眼肌面积:左侧胴体胸腰椎结合处背最长肌的横断面积;脂肪碘值:采用 Hanus 法测定。

1.4.3 肉品质测定

pH: 肉质 pH 计 (DHS-2F) 测定; 肉色: 日产 Minolta Chroma Meter II 全自动色度仪测定; 剪切力: 东北农业大学研制的 C-LM3 型嫩度仪测定; 滴水损失: 参照 NY/T 1333—2007《畜禽肉品质测定方法》^[8] 测定; 大理石评分: 参照美国 NPPC 比色板测定。

1.5 数据统计

采用 SPSS 16.0 统计软件的一般线性模型 (GLM) 程序对试验数据进行两因素方差分析, 并用 Duncan 氏法进行多重比较, 结果以各组平均值 \pm 平均标准误 (SEM) 表示。统计模型包括: DDGS 效应、维生素 E 效应及二者的互作效应, 以

$P < 0.05$ 作为差异显著性判断标准。

2 结果

2.1 玉米 DDGS 和维生素 E 水平对肥育猪生长性能的影响

玉米 DDGS 和维生素 E 水平对肥育猪生长性能的影响见表 2。从表中可知, 玉米 DDGS 水平对肥育猪平均日增重和料重比影响不显著 ($P > 0.05$), 但对平均日采食量影响极显著 ($P = 0.006$), 平均日采食量随着饲料中玉米 DDGS 水平的增加而降低。维生素 E 水平及玉米 DDGS 和维生素 E 的互作对平均日增重、平均日采食量和料重比影响均不显著 ($P > 0.05$)。

表 2 玉米 DDGS 和维生素 E 水平对肥育猪生长性能的影响

Table 2 Effects of corn DDGS and VE levels on growth performance of finishing pigs

项目 Items	玉米脱水酒精糟及其可溶物添加水平 DDGS supplemental level/%						SEM	P 值 P-value		
	0		15		30			玉米脱水酒精糟及其可溶物 DDGS	维生素 E	玉米脱水酒精糟及其可溶物 \times 维生素 E DDGS \times VE
	维生素 E VE 10/ (mg/kg)	维生素 E VE 210/ (mg/kg)	维生素 E VE 10/ (mg/kg)	维生素 E VE 210/ (mg/kg)	维生素 E VE 10/ (mg/kg)	维生素 E VE 210/ (mg/kg)				
始重 Initial weight/kg	58.14	57.98	58.95	58.30	58.67	59.10	0.414	0.697	0.882	0.870
末重 Final weight/kg	91.90	92.00	91.88	91.63	90.87	91.86	0.454	0.857	0.756	0.849
平均日增重 ADG/g	844.08	850.63	823.25	833.40	805.00	819.00	11.650	0.451	0.664	0.991
平均日采食量 ADFI/kg	2.67 ^b	2.69 ^b	2.56 ^{ab}	2.53 ^{ab}	2.45 ^a	2.49 ^{ab}	0.025	0.006	0.894	0.857
料重比 F/G	3.17	3.16	3.11	3.04	2.99	3.07	0.046	0.466	0.938	0.779

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 不同大写字母表示差异极显著 ($P < 0.01$)。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference ($P < 0.05$), and with different capital letter superscripts mean significant difference ($P < 0.01$). The same as below.

2.2 玉米 DDGS 和维生素 E 水平对肥育猪胴体品质的影响

玉米 DDGS 和维生素 E 水平对肥育猪胴体品质的影响见表 3。从表中可知, 玉米 DDGS 和维生素 E 水平对肥育猪的屠宰重、胴体重、屠宰率、胴体斜长、背膘厚度、板油率和眼肌面积影响均不显著 ($P > 0.05$)。脂肪碘值随着饲料 DDGS 水平的增加而极显著升高 ($P = 0.001$), 饲料维生素 E 水平对脂肪碘值无显著影响 ($P > 0.05$)。玉米 DDGS 和维生素 E 水平对以上指标的影响无显著交互作用 ($P > 0.05$)。

2.3 玉米 DDGS 和维生素 E 水平对肥育猪肉品质的影响

玉米 DDGS 和维生素 E 水平对肥育猪肉品质的影响见表 4。从表中可知, 玉米 DDGS 水平对 pH、亮度 (L^*)、红度 (a^*)、黄度 (b^*)、剪切力、滴水损失和大理石评分影响均不显著 ($P > 0.05$)。维生素 E 水平对 pH、肉色 (L^* 、 a^* 、 b^*) 和大理石评分影响均不显著 ($P > 0.05$), 对剪切力和滴水损失有影响显著 ($P < 0.05$)。玉米 DDGS 和维生素 E 水平的互作对以上指标影响均不显著 ($P > 0.05$)。

3 讨 论

3.1 玉米 DDGS 和维生素 E 水平对肥育猪生长性能的影响

饲料玉米 DDGS 水平对肥育猪生长性能影响的报道较多,但结果不尽一致。Linneen 等^[9]研究表明,在生长育肥猪饲料中添加 15% 玉米 DDGS 对平均日增重无显著影响;Xu 等^[10]在生长育肥猪

饲料中添加不同水平(0、10%、20%、30%)玉米 DDGS 对平均日增重影响不显著;Gaines 等^[11-12]报道,在育肥猪饲料中添加 30% 玉米 DDGS 对平均日增重亦无显著影响。本试验结果与上述报道相一致。但也有结论相反的报道,Whitney 等^[13]在生长育肥猪饲料中添加 20%~30% 玉米 DDGS 使其平均日增重显著降低。

表 3 玉米 DDGS 和维生素 E 水平对肥育猪胴体品质的影响

Table 3 Effects of corn DDGS and VE levels on carcass characteristics of finishing pigs

项目 Items	玉米脱水酒精糟及其可溶物添加水平 DDGS supplemental level/%						SEM	P 值 P-value			
	0		15		30			玉米脱水酒精糟及其可溶物 DDGS	维生素 E VE	玉米脱水酒精糟及其可溶物 × 维生素 E DDGS × VE	
	维生素 E VE 10/ (mg/kg)	维生素 E VE 210/ (mg/kg)	维生素 E VE 10/ (mg/kg)	维生素 E VE 210/ (mg/kg)	维生素 E VE 10/ (mg/kg)	维生素 E VE 210/ (mg/kg)					
屠宰重 Slaughter weight/kg	92.00	91.73	91.70	91.76	91.25	91.85	0.385	0.946	0.869	0.899	
胴体重 Carcass weight/kg	71.75	70.97	70.50	70.63	69.63	70.13	0.607	0.624	0.966	0.910	
屠宰率 Dressing percentage/%	77.98	77.34	76.85	76.79	76.24	76.37	0.477	0.522	0.846	0.948	
胴体斜长 Carcass length/cm	88.25	87.00	88.25	86.25	86.00	85.75	0.569	0.432	0.319	0.813	
背膘厚度 Back fat thickness/ cm	第 1 肋 First rib	4.05	3.93	4.03	3.88	3.70	3.73	0.104	0.506	0.646	0.967
	第 10 肋 Tenth rib	2.50	2.43	2.55	2.50	2.35	2.43	0.044	0.441	0.479	0.993
	最后肋 Last rib	2.80	2.77	3.10	3.03	2.90	2.93	0.074	0.327	0.780	0.992
	平均 Mean	3.12	3.04	3.23	3.07	2.98	3.03	0.046	0.455	0.344	0.865
板油率 Leaf lard percentage/%	1.50	1.48	1.54	1.50	1.51	1.48	0.009	0.328	0.061	0.861	
眼肌面积 Longissimus muscle area/cm ²	41.34	40.71	41.93	42.14	39.54	39.22	0.440	0.063	0.783	0.928	
碘值 Iodine value	66.87 ^{Aab}	66.88 ^{Aa}	68.56 ^{ABc}	68.58 ^{ABb}	70.64 ^{Bd}	70.66 ^{Bc}	0.325	0.001	0.983	1.000	

Xu 等^[10]和 Fu 等^[14]的研究均表明,增加饲料中玉米 DDGS 添加量致使生长育肥猪的平均日采食量线性降低,这与本试验结果相一致,即育肥猪平均日采食量随着饲料中玉米 DDGS 水平的增加

而显著降低,其中在 10 mg/kg 维生素 E 水平上,30% 的玉米 DDGS 组较不添加玉米 DDGS 组显著降低。但 Whitney 等^[13]、Gaines 等^[11-12]、Linneen 等^[9]的研究结果则与此相反。

表 4 玉米 DDGS 和维生素 E 水平对肥育猪肉品质的影响

Table 4 Effects of corn DDGS and VE levels on meat quality of finishing pigs

项目 Items	玉米脱水酒精糟及其可溶物添加水平 DDGS supplemental level/%						SEM	P 值 P-value			
	0		15		30			玉米脱水酒精糟及其可溶物 DDGS	维生素 E	玉米脱水酒精糟及其可溶物 × 维生素 E DDGS × VE	
	维生素 E VE 10/ (mg/kg)	维生素 E VE 210/ (mg/kg)	维生素 E VE 10/ (mg/kg)	维生素 E VE 210/ (mg/kg)	维生素 E VE 10/ (mg/kg)	维生素 E VE 210/ (mg/kg)					
pH _{45 min}	6.41	6.42	6.38	6.45	6.45	6.48	0.042	0.850	0.684	0.952	
pH _{24 h}	5.65	5.67	5.67	5.69	5.68	5.71	0.011	0.355	0.276	0.967	
肉色 Meat color	亮度 L*	49.58	47.04	50.56	49.37	47.41	45.60	0.791	0.214	0.259	0.943
	红亮 a*	8.72	9.77	8.26	8.37	8.97	10.33	0.280	0.154	0.149	0.631
	黄亮 b*	8.84	8.30	10.25	10.18	9.66	9.56	0.313	0.133	0.714	0.946
剪切力 Shear force/kg · f	3.38	3.32	3.41	3.34	3.40	3.34	0.013	0.701	0.043	0.961	
滴水损失 Drip loss/%	1.82 ^{ab}	1.73 ^a	1.89 ^b	1.78 ^{ab}	1.84 ^{ab}	1.75 ^{ab}	0.018	0.527	0.014	0.826	
大理石评分 Marbling score	1.75	1.84	1.92	2.04	1.90	2.01	0.036	0.120	0.163	0.989	

Linneen 等^[9]在肥育猪饲料中添加 15% 玉米 DDGS 对料重比无影响。本试验中,在育肥猪饲料中添加 0、15% 和 30% 玉米 DDGS 对料重比无显著影响。但也有研究得出不一致的结论,Whitney 等^[13]和 Gaines 等^[11-12]报道,饲料中添加 30% 玉米 DDGS 可使料重比显著提高,饲料转化率降低;Xu 等^[10]报道,随着饲料中玉米 DDGS 添加量的增加,料重比线性降低。

Stein 等^[15]认为,玉米 DDGS 对生长性能的影响可能与其质量有关,如果玉米 DDGS 的氨基酸消化率低,就可能对猪的生长性能造成负影响。赖氨酸是猪的第一限制性氨基酸,但猪对玉米 DDGS 中赖氨酸的消化利用率较低,仔猪和生长育肥猪分别为 27%^[16]和 38.2% ~ 61.5%^[17]。Whitney 等^[13]发现,若以总氨基酸为基础配制饲料,当 DDGS 使用量大于 20% 时,会对采食量和生长产生负影响。本试验是以代谢能和可消化氨基酸为基础配制饲料,因此,不同研究者所选用的玉米 DDGS 的来源不同,产品的质量差异,饲料配制方法的差异是导致本试验结果与上述报道不一致的主要原因。

当饲料中维生素 E 水平高于 NRC(1998)推荐水平时,可改善平均日增重和饲料利用率^[18]。

Asghar 等^[19]发现,在猪生长早期饲料中补充 100 和 200 mg/kg 维生素 E 可提高平均日增重和饲料效率。但也有不一致的报道,Corino 等^[20]发现,在猪肥育后期(120 ~ 160 kg)饲料中添加 25、50、100、200、300 mg/kg α -生育酚醋酸酯,对平均日增重和饲料转化率无显著影响。此外,Guo 等^[21]的研究也表明,饲料补充维生素 E 对猪的生长性能无显著影响。本研究中在育肥猪饲料中补充 210 mg/kg 维生素 E 对其生长性能无影响。

3.2 玉米 DDGS 和维生素 E 水平对肥育猪胴体品质的影响

Widmer 等^[22]报道,饲料中添加 10% 和 20% 玉米 DDGS 对生长肥育猪屠宰重、胴体重、屠宰率、眼肌面积和第 10 肋骨处背膘厚度无影响。Whitney 等^[13]研究表明,在生长肥育猪饲料中添加 10% 玉米 DDGS 对屠宰重、胴体重和屠宰率无影响,而添加 20% 和 30% 玉米 DDGS 以上指标均显著下降。本试验中,玉米 DDGS 水平对肥育猪的屠宰重、胴体重、屠宰率、胴体斜长、背膘厚度、板油率和眼肌面积均无显著影响。Whitney 等^[13]、Xu 等^[10]和 White 等^[23]研究表明,随着饲料玉米 DDGS 添加量的增加,育肥猪胴体脂肪碘值呈显著增加趋势。本研究结果亦是如此,玉米

DDGS 水平对肥育猪胴体脂肪碘值影响极显著,在 2 个维生素 E 水平上,30% 玉米 DDGS 组碘值较不添加玉米 DDGS 组极显著提高,而 15% 玉米 DDGS 组与不添加玉米 DDGS 和 30% 玉米 DDGS 组均差异不显著。胴体脂肪碘值随饲料玉米 DDGS 水平的增加而显著升高,其原因是玉米 DDGS 富含不饱和脂肪酸,尤其是亚油酸^[24],当在饲料中大量使用时,会导致胴体不饱和脂肪酸含量增加,碘值升高。Boler 等^[7]报道,在猪饲料中补充 10~200 mg/kg 维生素 E 对其瘦肉率、背膘厚度和碘值无显著影响。此外,Guo 等^[21,25]的研究亦是如此,本研究结果与上述研究相一致。

3.3 玉米 DDGS 和维生素 E 水平对肥育猪肉品质的影响

Whitney 等^[13]、Xu 等^[10]、Widmer 等^[22]和 White 等^[23]的研究均表明,饲料中添加 10%~30% 玉米 DDGS 对肌肉颜色、pH、滴水损失和剪切力均无显著影响,本研究结果亦是如此。

Boler 等^[7]在玉米 DDGS 添加量为 10% 的饲料中补充天然维生素 E (10、40、70、100、200 mg/kg) 和合成维生素 E (200 mg/kg), 结果发现补充不同水平和不同形式的维生素 E 对猪肉肉色评分、大理石评分、pH、肉色 L* 和 b* 均无显著影响。类似的研究还有 Guo 等^[21,25]、Zanardi 等^[26]和 Swigert 等^[27]。本试验结果与上述报道一致,饲料维生素 E 水平对猪肉 pH_{45 min}、pH_{24 h}、肉色 (L*、a*、b*)、大理石纹评分均无影响。

Guo 等^[21]报道,肥育猪饲料中补充 200 mg/kg 维生素 E 对肌肉滴水损失没有影响,而补充 400 mg/kg 维生素 E 则可使滴水损失显著降低。本研究中,在育肥猪饲料中补充 210 mg/kg 维生素 E 可显著降低肌肉滴水损失和剪切力。其机理为:维生素 E 通过抑制细胞膜上多不饱和脂肪酸的氧化而维持肌细胞膜结构的完整,进而减少肌肉内水分的流失,达到改善肌肉嫩度的效果。

4 结 论

① 饲料中添加 15%~30% 玉米 DDGS 对肥育猪平均日增重、料重比、胴体品质和肉品质均无显著影响,但可使平均日采食量显著降低,胴体脂肪碘值显著升高。

② 饲料中补充 210 mg/kg 维生素 E 可显著降低肌肉剪切力和滴水损失,改善猪肉品质。

参考文献:

- [1] CHENG Z J, HARDY R W, BLAIR M. Effects of supplementing methionine hydroxyl analogue in soybean meal and distiller's dried grain-based diets on the performance and nutrient retention of rainbow trout [*Oncorhynchus mykiss* (Valbaum)] [J]. *Aquaculture Research*, 2003, 34:1303-1310.
- [2] ROSENTRATER K A, MUTHUKUMARAPPAN K. Corn ethanol coproducts: generation, properties, and future prospects [J]. *International Sugar Journal*, 2006, 108:648-657.
- [3] SHURSON J, SPIEHS M J, WILSON J A, et al. Value and use of 'new generation' distiller's dried grains with solubles in swine diets [C]//Proceedings of the Alltech's 19th Annual Symposium: Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries. Nottingham: Nottingham University Press, 2003.
- [4] SHURSON G C, SPIEHS M J, WHITNEY M H. The use of maize distiller's dried grains with solubles in pig diets [J]. *Pig News and Information*, 2004, 25(2):75-83.
- [5] LAURIDSEN C, JENSEN C, BERTELSEN G. Dietary vitamin E: quality and storage stability of pork and poultry [J]. *Trends in Food Science & Technology*, 1998, 9(2):62-72.
- [6] HOVLING-BOLINK A H, EIKENENBOOM G, VANDIEPEN M, et al. Effect of dietary vitamin E supplementation on pork quality [J]. *Meat Science*, 1998, 49(2):205-212.
- [7] BOLER D D, GABRIEL S R, YANG H, et al. Effect of different dietary levels of natural-source vitamin E in grow-finish pigs on pork quality and shelf life [J]. *Meat Science*, 2009, 83(4):723-730.
- [8] 中华人民共和国农业部. NY/T 1333—2007 畜禽肉品质测定方法 [S]. 北京:中国标准出版社,2007.
- [9] LINNEEN S K, DEROUCHÉY J M, DRITZ S S, et al. Effects of dried distillers grains with solubles on growing and finishing pig performance in a commercial environment [J]. *Journal of Animal Science*, 2008, 86(7):1579-1587.
- [10] XU G, BAIDOO S K, JOHNSON L J, et al. Effects of feeding diets containing increasing content of corn distillers dried grains with solubles to grower-finisher pigs on growth performance, carcass composition, and pork fat quality [J]. *Journal of Animal Science*, 2010, 88(4):1398-1410.

- [11] GAINES A M, PETERSEN G I, SPENCER J D, et al. Use of corn distillers dried grains with solubles (DDGS) in finishing pigs [J]. *Journal of Animal Science*, 2007, 85(Suppl. 2):96.
- [12] GAINES A M, SPENCER J D, PETERSEN G I, et al. Effect of corn distillers dried grains with solubles (DDGS) withdrawal program on growth performance and carcass yield in grow-finish pigs [J]. *Journal of Animal Science*, 2007, 85(Suppl. 1):438.
- [13] WHITNEY M H, SHURSON G C, JOHNSTON L J, et al. 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]. *Journal of Animal Science*, 2006, 84(12):3356-3363.
- [14] FU S X, JOHNSON M, FENT R W, et al. Effect of corn distiller's dried grains with solubles (DDGS) on growth, carcass characteristics, and fecal volume in growing finishing pigs [J]. *Journal of Animal Science*, 2004, 82(Suppl. 2):80. (Abstr.)
- [15] STEIN H, GIBSON M, PEDERSEN C, et al. Amino acid and energy digestibility in ten samples of distillers dried grain with solubles fed to growing pigs [J]. *Journal of Animal Science*, 2006, 84(4):853-860.
- [16] FASTINGER N, MAHAN D. Apparent and true ileal amino acid and energy digestibility and weanling pig performance of five sources of distillers dried grain with solubles [J]. *Journal of Animal Science*, 2005, 83(Suppl. 2):54. (Abstr.)
- [17] FASTINGER N, MAHAN D. Determination of the ileal amino acid and energy digestibilities of corn distillers dried grains with solubles using grower-finisher pigs [J]. *Journal of Animal Science*, 2006, 84(7):1722-1728.
- [18] CLAYTON G. Vitamin and mineral additives for meat quality [J]. *International Feed*, 2001(8):17-19.
- [19] ASGHAR A, GRAY J I, MILLER E R, et al. Influence of supranutritional vitamin E supplementation in the feed on swine growth performance and deposition in different tissues [J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1991, 57(1):19-29.
- [20] CORINO C, ORIANI G, PANTALEO L, et al. Influence of dietary vitamin E supplementation on "heavy" pig carcass characteristics, meat quality, and vitamin E status [J]. *Journal of Animal Science*, 1999, 77(7):1755-1761.
- [21] GUO Q, RICHERT B T, BURGESS J R, et al. Effects of dietary vitamin E and fat supplementation on pork quality [J]. *Journal of Animal Science*, 2006, 84(11):3089-3099.
- [22] WIDMER M R, MCGINNIS L M, WULF D M, et al. 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]. *Journal of Animal Science*, 2008, 86(8):1819-1831.
- [23] WHITE H M, RICHERT B T, RADCLIFFE J S, et al. Feeding conjugated linoleic acid partially recovers carcass quality in pigs fed dried corn distillers grains with solubles [J]. *Journal of Animal Science*, 2009, 87(1):157-166.
- [24] SHURSON G C, XU G W, BAIDOO S K. Effects of feeding corn distillers dried grains with solubles on pork fat quality [C]//Proceedings of the 68th Annual Minnesota Nutrition Conference. Minneapolis: [s. n.], 2007.
- [25] GUO Q, RICHERT B T, BURGESS J R, et al. Effect of dietary vitamin E supplementation and feeding period on pork quality [J]. *Journal of Animal Science*, 2006, 84(11):3071-3078.
- [26] ZANARDI E, NOVELLI E, GHIRETTI V, et al. Colour stability and vitamin E content of fresh and processed pork [J]. *Food Chemistry*, 1999, 67(2):163-171.
- [27] SWIGERT K S, MCKEITH F K, CARR T C, et al. Effects of dietary vitamin D₃, vitamin E, and magnesium supplementation on pork quality [J]. *Meat Science*, 2004, 67(1):81-86.

Effects of Dietary Corn Distillers Dried Grains with Solubles and Vitamin E on Growth Performance, Carcass Characteristics and Meat Quality of Finishing Pigs

WANG Hong SHI Baoming* SHAN Anshan WANG Liansheng
(*Institute of Animal Nutrition, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China*)

Abstract: This experiment was conducted to study the effects of dietary corn distillers dried grains with solubles (DDGS) and vitamin E (VE) on growth performance, carcass characteristics and meat quality of finishing pigs. The experiment was designed in a 3 × 2 factorial arrangement with three corn DDGS levels (0, 15% and 30%) and two VE levels (10 and 210 mg/kg). A total of forty-eight crossbred pigs (Duroc × Landrace × Large) with an average body weight of (60 ± 2) kg were randomly allotted into 6 groups with 8 replicates per group and one pig in each pen. The results showed as follows: 1) different levels of dietary corn DDGS had no significant effects on average daily gain and feed/gain ($P > 0.05$). With the increasing of dietary corn DDGS level, average daily feed intake was decreased significantly ($P = 0.006$). Diets containing VE and the interaction between DDGS and VE level had no significant effects on growth performance ($P > 0.05$). 2) There were no significant effects of dietary DDGS, VE, and DDGS × VE on carcass characteristics, including carcass weight, dressing percentage, carcass length, back fat thickness, leaf lard percentage and longissimus muscle area ($P > 0.05$). Iodine value was increased significantly with the increasing of dietary DDGS level ($P = 0.001$). 3) Diets containing different levels of corn DDGS had no significant effects on meat quality, such as pH, meat color, shear force, drip loss and marbling score ($P > 0.05$), and high level (210 mg/kg) of VE decreased shear force and drip loss significantly ($P < 0.05$). In conclusion, diets containing 15% ~ 30% corn DDGS and 210 mg/kg VE have no significant negative influence on growth performance, carcass characteristics and meat quality of finishing pigs. [*Chinese Journal of Animal Nutrition*, 2012, 24(2):314-321]

Key words: corn DDGS; VE; finishing pigs; growth performance; carcass characteristics; meat quality