

日粮中添加 DDGS 对猪采食量的影响

Adding dried distillers grains to swine diets affects feed preference

作者: C. W. Hastad, J. L. Nelssen, R. D. Goodband, M. D. Tokach, S. S. Dritz, and J. M. DeRouchey

译自: Swine Research 2005, Page149-159

译者: 王金荣、张丽英

摘要: 通过三个试验研究了带可溶物的玉米酒糟 (DDGS) 对生长猪采食量的影响。在本研究所有试验中, 猪都是舍饲在 320 × 314 cm 的栏中, 每个栏中有 4 个单孔料槽, 以便于猪可以从四种日粮处理中随意选择采食。试验 1: 我们评价了 DDGS 的干燥方法对 DDGS 适口性的影响。日粮以玉米-豆粕对照组, 处理组为在玉米-豆粕型日粮中分别添加 30% 采用机械干燥、人工工干燥和不经干燥的 DDGS。整个试验期, 所有饲喂干燥处理的 DDGS 处理组猪的平均日饲料采食量均低于对照组 ($p < 0.05$)。试验 2: 我们比较了不同谷物来源 DDGS 对猪平均日饲料采食量的影响。我们比较了玉米-豆粕型日粮和玉米-豆粕型日粮加 30% DDGS (DDGS 来源于玉米和高粱)。整个试验期, 无论 DDGS 来源如何, 添加 30% DDGS 的试验组猪平均日饲料采食量均显著低于玉米-豆粕型日粮组。试验 3: 我们采用气相色谱-质谱联用法 (GC/MS) 分析了试验 2 中两种来源 DDGS 中是否含有对采食有不良作用的某种特殊物质的存在。我们在玉米-豆粕型日粮中添加呋喃甲醛 (糠醛)、 γ -丁内酯和苯乙醇, 添加量相当于含 30% DDGS 日粮中此类化合物浓度的 2 倍。对照组为玉米-豆粕型日粮, 处理组日粮为在每吨玉米-豆粕型日粮全价日粮中分别添加 20 ppm 的上述 3 种化合物。结果表明, 单独添加任何一种化合物对平均日饲料采食量都没有影响 ($p > 0.55$)。这些研究表明, 由于日粮中添加 DDGS 降低了日粮适口性, 猪更喜欢采食没有添加 DDGS 的日粮。适口性的降低程度似乎随着干燥烧酒糟的用量增加而增加。尽管 DDGS 的营养组成对猪日粮配制有吸引力, 但即使在猪日粮中 DDGS 用量很低, 也会由于适口性的问题而影响猪的生长性能。

前言

研究已经表明带可溶物的玉米酒糟 (DDGS) 的营养价值比以前 NRC (1998) 报道的要高很多。这些研究已表明, DDGS 的代谢能 (ME) 与玉米的代谢能 (ME) 相似。随着新的以 DDGS 作为主要副产品的酒精生产工厂数量的增加, DDGS 在猪饲料中添加使用很有实用性和吸引力, 使用量也在逐渐增加。与其他饲喂猪的传统饲料原料相比, DDGS 的赖氨酸水平较低, 而纤维含量较高, 因此, 以往一般主要广泛用于反刍动物。新的加工技术采用和较好的质量控制, 使生产的 DDGS 品质更好, 营养组成更加稳定一致。几个猪生长性能的试验研究结果表明, 与饲喂玉米-豆粕型日粮相比, 日粮中添加 DDGS 可使猪的平均日饲料采食量下降。许多养殖场和饲料公司, 在猪日粮配方中 DDGS 添加量限制在不超过日粮的 15%。由于适口性的问题, 日粮中很少使用更高比例 DDGS。因此, 猪日粮中

DDGS 的使用比例受到适口性的制约。在 2004 Swine Day Report of Progress 中，我们报道了日粮中增加 DDGS 的用量可导致猪平均日饲料采食量的线性下降，并且适口性的降低不能够通过添加饲料风味物质得到改善。这些研究的目的是进一步评价在生长猪日粮中添加不同 DDGS 源对平均日饲料采食量的影响。

试验设计与方法

总则：除了 DDGS 源的养分组成是实验室的实际分析数值外（表1），其他所有原料养分组成按照 NRC（1998）提供的数值配制日粮。所有的试验都是在堪萨

表1 不同来源带可溶物玉米酒糟的DDGS的营养组成^a

项目	来源1	来源2	来源3	来源4	来源5	来源6	来源7
干物质, %	92.79	92.99	90.59	90.09	90.59	91.63	92.97
总能, kcal/kg	5,229	5,280	5,162	5,089	5,187	5,105	4,470
粗蛋白, %	26.67	30.95	26.7	27.1	26.7	25.5	41.2
粗脂肪, %	10.78	9.03	11.1	8.5	11.1	9.3	6.1
粗纤维, %	5.61	7.62	9.3	9.2	9.3	11.3	9.5
灰份, %	6.16	3.91	3.6	4.4	3.6	4.3	2.6
钙, %	0.06	0.04	0.08	0.04	0.05	0.07	0.04
磷, %	0.73	0.50	0.64	0.67	0.65	0.79	0.27
钾, %	0.90	0.51	0.84	0.88	0.89	1.04	0.34
镁, %	0.31	0.16	0.28	0.29	0.30	0.37	0.13
锌, ppm	54.1	39.1	47.6	70.8	39.1	611.7	17.4
铁, ppm	58	46	63	67	65	75	29
锰, ppm	9	7	8	10	10	14	9
铜, ppm	5.9	5.1	5.1	4.9	4.6	5.5	2.9
硫, %	0.37	0.37	0.30	0.53	0.74	0.51	0.11
钠, %	0.08	0.06	0.08	0.04	0.04	0.07	0.01
中性洗涤纤维, %	26.03	32.61	31.1	29.9	27.8	32.2	32.4
酸性洗涤纤维, %	6.85	9.97	17.9	17.3	17.4	14.8	33.5
氨基酸%							
精氨酸	1.15	1.43	--	--	--	--	--
组氨酸	0.75	0.98	--	--	--	--	--
异亮氨酸	1.03	1.23	--	--	--	--	--
亮氨酸	3.28	3.97	--	--	--	--	--
赖氨酸	0.78	1.08	--	--	--	--	--
蛋氨酸+胱氨酸	1.08	1.42	--	--	--	--	--
蛋氨酸	0.55	0.71	--	--	--	--	--
苯丙氨酸	1.36	1.68	--	--	--	--	--
苏氨酸	1.07	1.25	--	--	--	--	--
色氨酸	0.19	0.21	--	--	--	--	--
酪氨酸	1.12	1.28	--	--	--	--	--
缬氨酸	1.40	1.66	--	--	--	--	--

^a不同来源的玉米DDGS（来源1~6）和高粱DDGS（来源7）的分析值。

斯州立大学猪教学和研究基地进行的。每个栏是 320 × 314 cm，完全漏缝地板，每个栏安装两个乳头式饮水器。环境温度控制通过有机机械控制的通风和加热器。4 个单孔自动喂料器 (Pride of the Farm, Houghton, IA)，确保可以在同一栏中同时进行 4 种日粮处理。在整个试验期间，每个试验整个试验期每天早、晚上在同一时间顺时针旋转喂料器至同一位置。喂料器每 7 天称重一次，用于计算平均日饲料采食量，猪体重在试验开始和试验结束时称重，用于计算猪生长性能。

试验 1 随着新的加工工艺和干燥设备设计的发展，DDGS 的生产有所改进。但干燥的谷物在干燥器中停留的时间过长，或者遇到非常高的温度。在干燥过程中，各种挥发性的有机化合物可以被释放或结合产生风味物质。这些干燥条件能产生猪不喜欢的风味物质。因此，本研究的目的是评价不同干燥方法对 DDGS 适口性的影响。

试验总共选用 187 头猪 (PIC L327 × 1050)，初始体重 22.4 ± 0.8 公斤，4 栏公猪，4 栏母猪，每栏 25 头猪，安装 4 个喂料器。处理分为对照组 (玉米-豆粕型日粮)、玉米-豆粕型日粮加 30%DDGS (两种干燥方法) 和未干燥、湿的 DDGS。本试验中所用的所有的 DDGS 都来源于同一酒精生产厂的同一批次 (来源 6)。干燥方法包括用转筒式干燥机 (ICM, Wichita, KS) 机械干燥 DDGS，温度为 442 °C；第二种干燥方法是把来自同一批次的湿的 DDGS 运到堪萨斯州立大

表2 试验1日粮的组成及营养水平 (饲喂基础)

项目, %	对照组	干燥类型		
		机械干燥组	人工干燥组	未干燥组
玉米	67.48	43.77	42.45	36.67
豆粕 (46.5%CP)	30.02	24.31	23.58	20.37
DDGS	--	30.00	32.1.0	41.36
磷酸二氢钙 (21%P)	0.75	--	--	--
石粉	0.92	1.12	1.08	0.93
盐分	0.35	0.35	0.34	0.29
维生素预混料	0.15	0.15	0.15	0.13
微量元素预混料	0.15	0.15	0.15	0.13
赖氨酸盐酸盐	0.15	0.15	0.15	0.13
DL-蛋氨酸	0.03	--	--	--
总计	100.00	100.00	100.00	100.00
计算值				
赖氨酸, %	1.20	1.20	1.20	1.20
蛋氨酸, %	28	34	34	34
苏氨酸, %	63	75	75	75
代谢能, kcal/kg	3,331	3,435	3,435	3,435
蛋白质, %	19.7	23.3	23.3	23.3
钙, %	0.61	0.58	0.58	0.58
磷, %	0.55	0.52	0.52	0.52

学动物科学饲料厂，用 928a 旋转式冷却器（加利福尼亚制造厂（CPM），Crawfordsville, 有限公司）干燥，湿的 DDGS 不直接加热，通过冷却器旋转循环 14 次，整个处理过程中温度保持平均 62.2℃，样品干燥到含 82.8% 干物质为止。日粮中 DDGS 的干物质和总钙、磷和赖氨酸保持一致（表 2）。

试验 2：我们进行了 19 天的试验，评价了 3 种不同来源的 DDGS 在饲料中添加 30% 后对平均日饲料采食量的影响。玉米源 DDGS 是从两个新的中西部干法粉碎酒精厂三周内生产的 DDGS。另外，我们想比较猪对玉米源 DDGS 和高粱源 DDGS 采食量的差别。高粱型 DDGS（来源 7）是从用高粱生产酒精的工厂得到的。试验采用 112 头猪（PIC L327 × 1050），初始体重为 31.7 ± 0.75 公斤，确定玉米豆粕型日粮（表 3）与玉米豆粕添加 30% 的不同来源的 DDGS 日粮（来源 1, 6, 和 7）对猪采食量是否有影响。共 7 个栏圈，每个栏 16 头猪。

表3 试验1日粮的组成及营养水平（饲喂基础）

项目, %	对照组	DDGS		
		来源1	来源6	来源7
玉米	67.51	31.91	37.87	37.63
豆粕 (46.5%CP)	30.00	30.00	30.00	30.00
DDGS	--	30.00	30.00	30.00
磷酸二氢钙 (21%P)	0.79	0.23	0.33	0.61
石粉	0.92	1.21	1.15	1.01
盐分	0.35	0.35	0.35	0.35
维生素预混料	0.15	0.15	0.15	0.15
微量元素预混料	0.15	0.15	0.15	0.15
赖氨酸盐酸盐	0.10	--	--	0.10
DL-蛋氨酸	0.03	--	--	--
总计	100.00	100.00	100.00	100.00
计算值				
赖氨酸, %	1.2	1.24	1.24	1.24
蛋氨酸, %	28	35	35	35
苏氨酸, %	63	80	80	71
代谢能, kcal/kg	3,330	3,420	3,419	3,086
蛋白质, %	19.7	25.5	25.5	29.5
钙, %	0.62	0.62	0.62	0.62
磷, %	0.56	0.56	0.56	0.56

试验 3：由于在试验 2 中不同来源的 DDGS 的采食量不同，我们想确定每种来源的某种特殊化合物导致的采食量下降的原因。因此，采用气相色谱质谱仪对试验 2 中的样品和另外 3 种来源的 DDGS 进行分析，来确证和定量分析 DDGS 中的化合物。

我们假设DDGS中的某些特殊化合物有不良的气味和滋味,从而影响猪的采食。由于来源1、6和7的DDGS对采食量有下降的趋势,我们计算每栏中每一种来源的DDGS的采食量占总采食量的百分率。用GC/MS分析的结果,我们也计算出在DDGS样品中每一种化合物的浓度占所含总的化合物浓度的比率。在同一图上绘出每种来源的饲料采食量的百分率和每种来源的化合物,图中揭示在所有DDGS样品中比较普遍存在的三种化合物,其趋势和采食量下降相关(图1)。通过这些分析,我们选择了这三种化合物(呋喃甲醛、 γ -丁内酯和苯乙醇)来评价在对照组的玉米-豆粕型日粮中在添加2倍于含30%DDGS日粮的三种化合物浓度时对猪采食量的影响。呋喃甲醛是一种乙醛,商业上是由蒸馏的酸消化的玉米棒子、燕麦皮、稻糠、或者棉籽粕获得。 γ -丁内酯是一种易吸湿、无色液体,通过 γ -丁二醇的氧化作用获得,并有轻微的饴糖甜味。苯乙醇是无色液体,有淡淡的玫瑰香味,在很多植物中存在。用固相微萃取方法从提取物中获得,然后用气相色谱分析,检测试验2中的三种DDGS,发现呋喃甲醛、 γ -丁内酯和苯乙醇普遍存在。

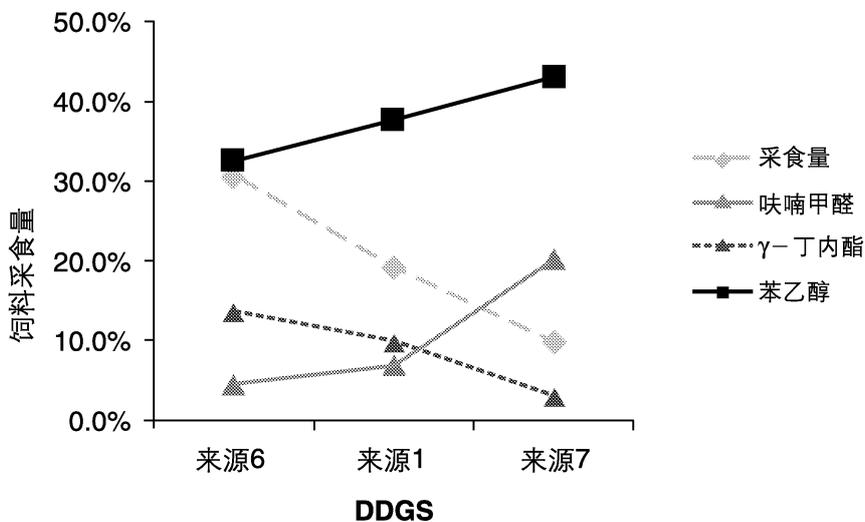


图1 来源1、6和7的DDGS采食量和每种来源DDGS中特殊化合物的浓度

为了确定是否有一种特殊的物质对猪的采食有抑制作用,我们在玉米-豆粕日粮中每一种化合物添加2倍的估计浓度。首先,把要添加的化合物量的1/5混合到1磅玉米中,这种处理重复5次。其次,把5批玉米样品混合在一起制成化合物-玉米混合物,5磅,然后把5磅玉米-化合物混合物再添加5磅玉米,混合均匀,将其(10磅)添加到全价配合饲料中(表4)。

本试验用140头猪(PIC L327 × 1050),初始体重 24.8 ± 0.8 公斤。猪根据性别分组,进行14天试验。总共7个栏,每栏20头猪。

统计分析:所有试验采用随即区组设计,以栏作为一个试验单元。用SAS的

表4 试验3日粮的组成及营养水平（饲喂基础）

项目, %	对照组	化合物		
		苯乙醇	丁内酯	呋喃甲醛
玉米	67.47	66.96	66.96	66.96
豆粕 (46.5%CP)	30.02	30.00	30.00	30.00
磷酸二氢钙 (21%P)	0.79	0.79	0.79	0.79
石粉	0.92	0.92	0.92	0.92
盐分	0.35	0.35	0.35	0.35
维生素预混料	0.15	0.15	0.15	0.15
微量元素预混料	0.15	0.15	0.15	0.15
赖氨酸盐酸盐	0.15	0.15	0.15	0.15
DL-蛋氨酸	0.03	0.03	0.03	0.03
化合物+玉米	--	0.50	0.50	0.50
总计				
计算值				
赖氨酸, %	1.20	1.20	1.20	1.20
蛋氨酸, %	29	29	29	29
苏氨酸, %	60	60	60	60
代谢能, kcal/kg	3,329	3,329	3,329	3,329
蛋白, %	19.6	19.6	19.6	19.6
钙, %	0.62	0.62	0.62	0.62
磷, %	0.56	0.56	0.56	0.56

混和模型统计差异。以日粮中 DDGS 来源和在日粮中的浓度比较。试验2中线性
和二次多项式比较确定增加 DDGS 浓度的影响。

结果与讨论

在试验1中,在对照组、机械干燥 DDGS 和人工 DDGS 组间猪的采食量没有
明显差异(表5),但0~7天猪的采食量无论是在机械干燥 DDGS 组还是在人工
干燥 DDGS 组均在数量上有所降低,而没有干燥组的猪采食量很低 ($P < 0.05$)。
在7~12天和全期试验中,对照组和两种干燥方法的处理组平均日饲料采食量有
显著差异 ($P < 0.05$),猪更喜欢采食玉米豆粕对照组日粮。无论是机械干燥 DDGS
组还是人工干燥 DDGS 组的猪采食量均居中,而未经干燥处理的 DDGS 组日粮平
均日饲料采食量最低 ($P < 0.05$)。全期研究结果表明,不管干燥方法如何,猪更
喜欢采食玉米豆粕对照组日粮。对全群猪平均日增重 1.68 ± 0.13 kg,耗料增重
比 1.75 ± 0.17 。

在试验2中,与对照组日粮相比,添加 DDGS 日粮的0~7天,7~14天和全
试验期平均日饲料采食量显著降低 ($P < 0.05$) (表6),在添加30% DDGS 的日
粮中,与来源7的 DDGS 日粮相比,来源1和6的 DDGS 日粮的平均日饲料采食

表5 DDGS干燥方法对饲料采食量的影响 (试验1^a)

平均日饲料采食量, 公斤	对照组	干燥类型			SE
		机械干燥	人工干燥	未干燥	
0~7天	0.34 ^b	0.33 ^b	0.31 ^b	0.20 ^c	0.04
7~12天	0.42 ^b	0.30 ^b	0.30 ^c	0.10 ^d	0.03
0~12天	0.38 ^b	0.32 ^c	0.31 ^c	0.14 ^d	0.03

^a 总共187头猪 (每栏17头, 共11栏), 初始体重22.4±0.8公斤, 同一栏中提供4种日粮, 对照组为玉米-豆粕型, 处理组用30%DDGS代替玉米。

^{b,c,d,e} 同行肩标不同表示差异显著 (P<0.05)。

表6 DDGS来源对饲料采食量的影响 (试验2^a)

平均日饲料采食量, 公斤	玉米	DGS, 30%			SE
		来源1	来源6	来源7	
0~7天	0.53 ^b	0.40 ^c	0.53 ^b	0.26 ^d	0.07
7~14天	0.79 ^b	0.38 ^c	0.64 ^d	0.17 ^e	0.06
14~19天	1.09 ^b	0.20 ^c	0.61 ^d	0.101 ^e	0.05
0~19天	0.78 ^b	0.37 ^c	0.59 ^d	0.199 ^e	0.05

^a 共计112头猪 (7个栏, 每栏16头猪), 初始体重31.7±0.7公斤, 在同一栏中提供4种日粮; 对照组玉米-豆粕型日粮, 试验组用30%DDGS代替玉米, 来源1和6是玉米型DDGS, 来源7是高粱型DDGS。

^{b,c,d,e} 同行肩标不同表示差异显著 (P<0.01)。

量更大 (P<0.05), 但来源1比来源6在数量上有所减少, 但统计学上没有差异。在本试验中, 全群的平均日增重和耗料增重比分别为 2.80 ± 0.04 kg 和 2.08 ± 0.04。

在试验3中, 在整个试验中日粮中添加呋喃甲醛、γ-丁内酯和苯乙醇对猪的采食量没有影响 (P>0.92) (表7)。所有食槽的采食量几乎接近, 说明没有适口性的差异。试验期全群的平均日增重和耗料增重比分别为 1.63 ± 0.06 kg 和

表7 DDGS干燥方法对饲料采食量的影响 (试验3^a)

平均日饲料采食量, 公斤	对照组	化合物			SE
		苯乙醇	丁内酯	呋喃甲醛	
0~7天	0.38	0.38	0.39	0.38	0.03
7~14天	0.43	0.42	0.42	0.42	0.03
0~14天	0.40	0.40	0.41	0.40	0.01

^a 共计140头猪 (7个栏, 每栏20头猪), 初始体重24.8±0.8公斤, 同一栏内提供4种日粮; 对照组为玉米-豆粕型日粮, 处理组为对照组加苯乙醇、丁内酯和呋喃甲醛。

2.17 ± 0.10。

新的加工技术和较好的质量控制使得 DDGS 的营养组成更好，且更稳定一致。随着营养组成的改进和诱人的低成本使得 DDGS 在猪日粮中正在更广泛被使用。但对猪日粮中添加 DDGS 的营养学评价研究表明，不管 DDGS 的营养组成如何，随着日粮中 DDGS 的比例增加，猪的采食量下降。尽管许多养殖企业和饲料公司使用 DDGS，但他们一般在日粮中限制使用量不超过日粮的 15%，更高浓度 DDGS 由于降低生产性能一般不使用。在实际日粮配制过程中，如果不考虑导致采食量下降，可能会容许使用高比例的 DDGS。一些生产者认为猪日粮中添加 DDGS 对采食量没有不良影响。一个商业试验研究结果表明在猪日粮中添加 30% 的 DDGS 对猪采食量也没有影响。但在区域性试验和研究条件下，试验结果则表明添加 DDGS 通常会降低平均日饲料采食量。饲料采食量对猪肉生产至关重要，因为直接影响营养摄入速率和猪肉生产效率。饲料采食量受很多因素影响，如应激、健康状况、基因型、能量浓度、饲料加工和水的供给及风味等的影响。

传统上，在猪日粮中限制使用 DDGS 的最主要的原因之一是由于在干燥过程中由于过热导致的氨基酸消化率很低。肯塔基大学的研究者评价了 9 种 DDGS，其中 4 种有烟熏味和烧糊味。作者测定发现不同来源的 DDGS 的采食量有差异，有烟熏味和烧糊味的采食量则更低。DDGS 的过分干燥会导致产生猪不喜欢的烟熏和烧糊的气味。DDGS 的颜色和气味不同是由于干燥的温度和时间不同所致。而不同的加工厂所采用的干燥温度和时间不同，这可能是导致猪对不同来源的 DDGS 采食量不同的原因之一。新的加工工艺改进了究竟生产和干燥技术，尽管我们所评价的 DDGS 没有一种有烟熏味和烧糊味，但在我们的研究中仍然发现存在采食量的差异。因此我们研究了日粮中添加 DDGS 和不同的干燥方法对采食量的影响，试验 1 中饲料采食量的研究结果表明，不论采用什么干燥方法生产的 DDGS 都会降低采食量。

来自商业试验的结果报告也表明，日粮中添加 DDGS 对采食量的影响是不同的。我们进一步评价了 DDGS 来源对猪采食量的影响，同时也想测定玉米源的 DDGS 和高粱源的 DDGS 在采食量上的差异。因此我们从报道的对猪的采食几乎没有不良的影响的酒精工厂选用的玉米源的 DDGS。玉米源 DDGS 选自在中西部新生产酒精的工厂（来源 1 和 6），高粱源 DDGS（来源 7）从堪萨斯酒精生产厂。试验 2 的数据表明，饲料采食量在 DDGS 来源间有差异，即使颜色（玉米源）和营养成分组成上差异很小。不能用营养组成、颜色和气味代表 DDGS 来源是否好。

在本试验中添加任何一种化合物对采食量都没有差异，尽管许多不同的化合物和他们之间的相互作用和气味有关，但很难确定 DDGS 中某一种特殊的化合物或指标使得猪的采食量降低。

试验 3 也表明对任何食槽不存在位置的优先选择性，这和用鼠进行的试验结果相矛盾。在鼠试验中，当供给同一来源的液体食物选择时，表明对同一个容器表现有优先选择性。通过每天旋转料槽 2 次解决了料槽位置优先选择的问题。在

一个栏中可以进行的多个处理试验为研究者去评价超过一个处理时在供给时间和处理间差异提供了保证。

所有这些试验都表明，与含 DDGS 日粮相比，猪更喜欢采食玉米豆粕日粮。饲料采食量的降低程度随着 DDGS 在日粮中用量含量的增加而增加。无论何种来源的 DDGS，当在猪日粮中添加 DDGS，都可导致饲料采食量的降低。尽管 DDGS 的代谢能和玉米的相似，但适口性可能影响猪的生产性能，即使 DDGS 在猪日粮中添加量很低。