

我国 DDGS 常规营养成分和部分安全指标的测定

孟艳丽¹ 李秋菊^{1,2} 李超¹ 邓立康³ 张军民¹

(1. 中国农业科学院 北京畜牧兽医研究所 动物营养学国家重点实验室,北京 100193; 2. 河南农业大学 牧医工程学院,河南 郑州 450002; 3. 中粮生化能源事业部 研发部,北京 100020)

摘要: 测定了我国 17 个不同来源 DDGS(A ~ Q) 的色泽(L^* 、 a^* 和 b^* 值)、容重、水溶物含量和常规营养成分及 10 个 DDGS(A、C、D、E、F、G、H、L、O 和 Q) 的 AFB₁ 和三聚氰胺含量。结果表明: A ~ Q 的 L^* 、 a^* 和 b^* 值范围分别为 33.32 ~ 44.34、6.08 ~ 10.43 和 7.45 ~ 15.42。容重范围为 345 ~ 545 g/L,水溶物平均含量为 26.17%。总能、粗蛋白、粗脂肪、NDF、ADF、钙、总磷和非植酸磷平均含量分别为 19.07 MJ/kg、27.85%、9.06%、42.20%、12.81%、0.07%、0.64% 和 0.56%。同一厂家不同批次的 DDGS(A 和 B、C 和 D、H 和 I) 的 L^* 值、 b^* 值、容重、水溶物含量、总能、干物质、粗蛋白、粗脂肪、NDF、ADF、钙、总磷、非植酸磷含量的变异系数都低于 17 个不同来源的 DDGS(A ~ Q)。湿法生产 DDGS(A、B、C、D 和 F) 和非玉米 DDGS(P 和 Q) 的粗脂肪含量低于 6%。DDGS 的水溶物含量与总磷和非植酸磷含量呈中等程度相关。DDGS 的 AFB₁ 含量范围为 2.33 ~ 22.45 $\mu\text{g/kg}$,三聚氰胺未检出。本研究表明,不同原料和加工工艺的 DDGS 物理性状和营养成分变异性大,本试验检测的 10 个 DDGS 应用于动物生产中是安全的。

关键词: 不同来源 DDGS; 常规营养成分; AFB₁; 三聚氰胺

中图分类号: TS211 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2011)增刊-0302-07

The Nutrients and Some Safety Index of Seventeen DDGS from Different Sources in China

MENG Yan-li¹ LI Qiu-ju^{1,2} LI Chao¹ DENG Li-kang³ ZHANG Jun-min¹

(1. State Key Laboratory of Animal Nutrition, Institute of Animal Science, Chinese Academy of Agriculture Sciences, Beijing 100193, China; 2. Institute of Animal Husbandry and Veterinary, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China; R & D, Biochemical Energy Division of COFCO, Beijing 100020, China)

Abstract: We analysed the color(L^* 、 a^* and b^*) , bulk density , water solubles matter and conventional nutritive components of 17 DDGS(A-Q) from different sources in China and determined the AFB₁ and melamine in 10 DDGS(A、B、C、E、F、G、H、L、O and Q) among them. Results: About the color of these DDGS, L^* rang from 33.32 to 44.34, a^* rang from 6.08 to 10.43, b^* rang from 7.45 to 15.42, respectively. The bulk density rang from 345 to 545 g/L. The average water solubles matter is 26.17%. The average content of GE, CP, EE, NDF, ADF, Ca, total phosphorus(TP) and non-phytate(NPP) are 19.07 MJ/kg, 27.85%, 9.06%, 42.20%, 12.81%, 0.07%, 0.64% and 0.56% respectively. The variation in color(L^* 、 b^*) , bulk density , water solubles matter, GE, DM, CP, EE, NDF, Ca, TP, NPP within plants(A and B, C and D, H and I) lower than between different plants(A-Q). The EE content of A、B、C、D、F、P and Q is less than 6%. The DDGS water solubles matter positive correlated with TP and NPP. The DDGS AFB₁ is 2.33 ~ 22.45 $\mu\text{g/kg}$ and the melamine was not detected by High Performance Liquid Chromatography in the DDGS. There is higher variability in physical properties and nutrient level of DDGS from different raw material and different raw material. The 10 DDGS in this experiment are safety for feedstuffs.

Key words: DDGS from different sources; Conventional nutritive components; AFB₁; Melamine

21 世纪以来,蛋白质饲料原料的短缺,促使新型植物性蛋白饲料的研究与开发成为饲料工业行业

研究的热点。近年来,随着全球石油资源的紧缺,燃料乙醇业的发展带来了大量的副产品 DDGS(Distill-

收稿日期: 2011-03-28

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划重点项目(2008BAK42B05); 中粮集团资助(z1008)

作者简介: 孟艳丽(1985-),女,山东潍坊人,硕士,主要从事饲料资源开发与利用研究。

通讯作者: 张军民(1972-),男,河南焦作人,研究员,博士,主要从事动物营养和畜产品质量安全研究。

ers Dried Grains with Solubles ,含可溶物的谷物干酒
精糟)。传统上玉米 DDGS 因高蛋白、高脂肪等特
点可作为饲料原料应用于动物生产中。但我国
DDGS 的生产原料是以玉米为主 ,小麦、水稻、木薯、
高粱等为辅 ,各地区原料差异性大 ,且 DDGS 的加工
工艺不同^[1] ,进行营养价值评定研究的 DDGS 来源
不同^[2-4]。原料和加工工艺不同是我国 DDGS 营
养成分变异性大的主要因素 ,对不同来源的 DDGS 进
行营养成分分析是大量开发利用 DDGS 资源的重要
依据。

DDGS 的生产原料以谷物为主 ,谷物中的黄曲
霉毒素以黄曲霉毒素 B₁(Aflatoxin B₁ ,AFB₁) 的毒性
最强 ,是砒霜的 68 倍。DDGS 中的黄曲霉毒素因加
工工艺可被视为浓缩成谷物的 3 倍。三聚氰胺含氮
量达 66% ,2007 年美国宠物食粮小麦蛋白粉中三聚
氰胺严重超标导致多起宠物猫、狗死亡事件 ,2008
年我国婴幼儿奶粉污染事件 ,对蛋白质饲料中三聚
氰胺的检测迫在眉睫。AFB₁ 和三聚氰胺作为
DDGS 的安全因素 ,国内外学者对其研究很少。因

此 ,对我国不同来源的 DDGS 进行营养成分、AFB₁
及三聚氰胺的测定 ,为大量开发利用 DDGS 资源及
其在动物生产中的安全应用提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

17 个 DDGS 样品分别来自我国黑龙江(5 个) 、
吉林(5 个) 、河北(2 个) 、内蒙古(1 个) 和河南(3
个) 、安徽(1 个) 地区的大中型酒精厂(见图 1 和表
1) ,其中 A、B、C 和 D 为同一厂家 4 个批次的样品 ,
H 和 I 为同一个厂家 2 个批次的样品。A、B、C、D
和 F 为湿法生产 ,其他为非湿法生产。17 个 DDGS
样品测定物理性状和常规营养成分含量 ,10 个
DDGS 样品(A、C、D、E、F、G、H、L、O 和 Q) 测定
AFB₁ 和三聚氰胺含量。

样品采集参照 GB/T14699.1-2005 ,所得样品用
FOSS-4093 型旋风磨粉碎通过 40 目筛(圆孔筛孔径
0.45 mm) ,自封袋保存 ,并同时测定干物质含量。

表 1 DDGS 样品来源

Tab.1 Sampling source of DDGS

样品编号 Sample number	生产原料 Production raw material	产地 Production area	样品编号 Sample number	生产原料 Production raw material	产地 Production area
A	70% 玉米 + 30% 糙米	黑龙江肇东	J	玉米	吉林
B	70% 玉米 + 30% 糙米	黑龙江肇东	K	玉米	吉林梅河口
C	玉米	黑龙江肇东	L	玉米	河北承德
D	玉米	黑龙江肇东	M	玉米	河北石家庄
E	玉米	内蒙古通辽	N	玉米	黑龙江
F	玉米	安徽蚌埠	O	玉米	河南孟州
G	玉米	吉林四平	P	小麦	河南南阳
H	玉米	吉林	Q	小麦 + 木薯	河南南阳
I	玉米	吉林			

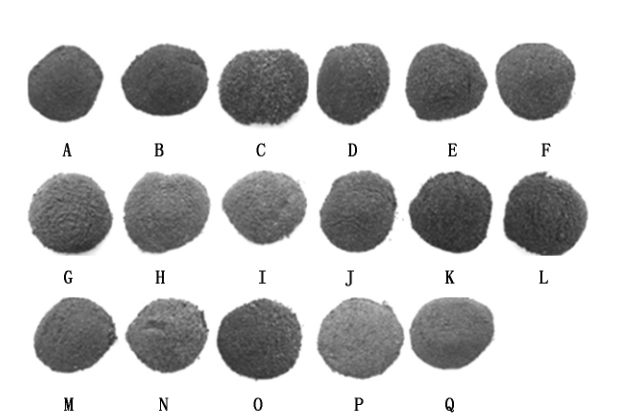


图 1 不同来源 DDGS 外观颜色

Fig.1 The sample appearance of
DDGS from different factories

1.2 测定指标及检测方法

1.2.1 色泽、容重和水溶物 色泽测定 DDGS 的
L*、a* 和 b* 值(申光 WSC-S 测色色差计) ,参照 CIE
在 1966 年推荐的 Hunter(Lab) 表色系统; 容重为一
定体积内的 DDGS 质量; 水溶物含量(Water solubles
matter ,WSM) 测定采用重量法^[5]。

1.2.2 常规营养成分和总能 水分测定参照 GB/
T 6435-2006 ;粗蛋白参照 GB/T 6432-1994; 粗灰分
参照 GB/T 6438-2007; 粗脂肪参照 GB/T 6433-
2006; 中性洗涤纤维(NDF) 参照 GB/T 20806-2006;
总磷参照 GB/T 6437-2002; 酸性洗涤纤维(ADF) 和
植酸磷的测定参照《饲料分析及饲料质量检测技
术》^[6] ,非植酸磷 = 总磷 - 植酸磷; 钙的测定参照
GB/T 13885-2003; 总能由中国农业科学院北京畜牧

兽医研究所分析中心测定(WZR-4T-B 型长沙奔特微电脑自动热量计)。

1.2.3 安全指标 AFB₁ 检测采用 ELISA 法^[5]; 三聚氰胺由农业部奶及奶制品质量监督检验测试中心(北京)采用 NY/T 1372-2007 测定(Waters 2695 高效液相色谱仪, Waters 2996 二极管阵列 PDA 检测器)。

2 结果与分析

2.1 DDGS 的色泽、容重和水溶物含量

表 2 DDGS 的色泽、容重和水溶物含量

Tab.2 Color bulk density and water solubles matter of DDGS from ethanol plants

样品编号 Sample number	色泽 Color			容重/(g/L) Bulk density	水溶物含量/% Water solubles matter
	L*	a*	b*		
A	36.95	6.08	9.26	474	29.60
B	35.82	6.63	8.49	480	29.79
C	35.08	7.88	8.58	404	32.64
D	37.95	7.89	10.30	420	25.50
E	36.90	7.42	10.58	442	29.41
F	37.46	8.86	10.39	541	31.05
G	39.52	7.17	13.13	485	31.23
H	44.34	6.94	15.42	510	30.26
I	43.63	9.12	15.19	492	24.52
J	38.10	8.18	11.80	491	30.17
K	38.99	9.30	12.09	545	17.23
L	33.32	8.29	7.45	500	26.78
M	34.25	9.09	9.23	456	25.81
N	40.78	10.43	13.81	511	25.75
O	34.92	8.05	8.33	488	34.02
P	41.25	8.45	9.98	462	11.62
Q	40.08	6.32	10.56	345	13.33
平均值 Average	38.20	8.00	10.86	473.29	26.17

注: L* . 颜色的亮度指标, L* 值越大, 亮度越强(0 = 黑, 100 = 白); a* . 红色度, b* . 黄色度, a* 和 b* 值越大, 相应的颜色越深。

Note: L* . Lightness, a* . Redness, b* . Yellowness.

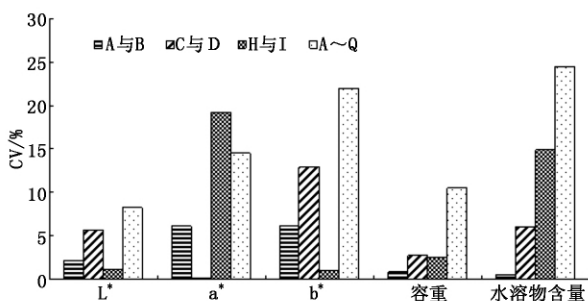


图 2 DDGS 色泽、容重和水溶物含量的变异系数

Fig.2 Color bulk density and water solubles matter variation coefficient of DDGS

2.2 DDGS 的常规营养成分含量

由表 3 可知, 在 17 个 DDGS(A ~ Q) 中, 总能、

由表 2 可知, H 的 L* 值和 b* 值最大, 分别为 44.34 和 15.42。L 的 L* 值和 b* 值最小, 为 33.32 和 7.45。A ~ Q 的 a* 值介于 6.08 ~ 10.43。A ~ Q 的容重和水溶物含量范围分别为 345 ~ 545 g/L 和 11.62 ~ 34.02% , 玉米 DDGS(C ~ O) 的容重和水溶物含量范围分别为 404 ~ 545 g/L 和 17.23 ~ 34.02% 。

由图 2 可知, A 和 B、C 和 D、H 和 I 的 L* 值、b* 值、容重和水溶物含量的变异系数都低于 A ~ Q , 只有 H 和 I 的 a* 值变异系数高于 A ~ Q 。

干物质、粗蛋白、粗脂肪、粗灰分、NDF、ADF、总磷、非植酸磷含量的最高值和最低值依次分别为 K 和 O、F 和 D、K 和 N、M 和 P、O 和 K、P 和 G、P 和 E、A 和 P、C 和 P, P 的钙含量最高, D、G 和 I 的钙含量最低, 为 0.02% 。17 个 DDGS 的总能、干物质、粗蛋白、粗脂肪、粗灰分、NDF、ADF、钙、总磷、非植酸磷含量范围依次为: 17.78 ~ 20.16 MJ/kg、90.34% ~ 95.65%、24.17% ~ 35.54%、1.89% ~ 16.62%、2.77% ~ 7.15%、30.14% ~ 57.91%、8.38% ~ 27.28%、0.02% ~ 0.34%、0.30% ~ 0.83%、0.29% ~ 0.75% 。非植酸磷/总磷平均值为 0.89。

由图 3 可知, A ~ Q 常规营养成分的变异系数中, 除总能和干物质外, 其他营养成分变异系数都高

于 10% ,钙的变异系数最高。A 与 B、C 与 D、H 与 I 高于 A ~ Q ,其他营养成分的变异系数均低于 A ~ Q。 的 10 项营养成分中 ,只有 H 与 I 粗灰分的变异系数

表 3 DDGS 的常规营养成分
Tab.3 Proximate analysis of DDGS from different ethanol plants

样品编号 Sample number	总能/ (MJ/kg) GE	干物质 /% DM	粗蛋白 /% CP	粗脂肪 /% EE	粗灰分 /% Ash	NDF /%	ADF /%	钙/% Ca	总磷 /% P	非植酸 磷/% NPP	非植酸 磷/总 磷 NP P/P
A	18.23	91.69	28.26	5.71	7.12	48.73	15.35	0.07	0.83	0.68	0.82
B	18.25	91.87	28.61	4.90	6.95	50.87	18.87	0.07	0.82	0.72	0.88
C	18.19	90.86	30.33	3.33	4.90	48.54	15.60	0.05	0.76	0.75	0.99
D	18.33	90.34	30.62	3.07	4.05	44.30	14.17	0.02	0.71	0.68	0.96
E	19.65	90.42	25.32	14.12	3.99	32.89	8.02	0.05	0.56	0.55	0.99
F	19.33	95.65	29.62	3.88	7.09	45.93	14.35	0.05	0.66	0.65	0.98
G	19.85	92.81	24.57	13.90	6.74	30.14	8.71	0.02	0.81	0.60	0.74
H	18.69	92.63	28.18	10.97	6.10	33.66	8.85	0.03	0.79	0.59	0.75
I	19.35	92.01	28.87	9.60	3.96	36.97	9.18	0.02	0.65	0.48	0.74
J	19.60	91.29	25.64	15.61	4.54	35.75	8.38	0.05	0.68	0.67	0.99
K	20.16	91.46	35.54	8.59	2.77	44.04	10.45	0.04	0.51	0.50	0.97
L	19.67	91.37	24.25	13.66	4.27	37.90	10.30	0.07	0.64	0.63	0.98
M	19.94	91.86	24.78	16.62	5.44	45.06	11.89	0.07	0.63	0.54	0.86
N	19.51	91.31	24.17	10.88	3.99	41.65	9.34	0.04	0.58	0.49	0.84
O	17.78	91.62	27.26	11.46	7.15	41.55	16.14	0.11	0.57	0.45	0.79
P	18.62	93.40	31.36	1.89	5.66	57.91	27.28	0.34	0.30	0.29	0.96
Q	19.03	94.03	26.07	5.87	4.53	41.55	10.38	0.15	0.32	0.31	0.98
C ~ O 的平均值	19.23	91.82	27.63	10.44	5.00	39.88	11.22	0.05	0.66	0.58	0.88
A ~ Q 的平均值	19.07	92.04	27.85	9.06	5.25	42.20	12.81	0.07	0.64	0.56	0.89

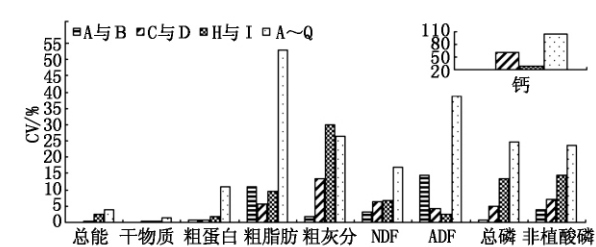


图 3 DDGS 常规营养成分的变异系数

Fig.3 Proximate nutrient variation coefficient of DDGS
2.3 DDGS 的 L*、b* 值和水溶物含量与常规营养成分的相关性

由表 4 和表 5 可以看出 ,DDGS 的亮度指标 L*

值、黄色度 b* 值与总能、粗蛋白、粗脂肪、NDF、ADF、钙、总磷和非植酸磷含量的相关性都很小(R² <0.3) 。 DDGS 的水溶物含量与总磷(R² =0.662 2)、非植酸磷(R² =0.556 9) 呈中等程度相关 ,与其他常规营养成分的相关性小(R² <0.4) ,与 DDGS 的色泽(L*、b* 和 a* 值) 不存在相关性。

表 4 DDGS 的水溶物含量与 L*、b*、a* 值之间的相关性
Tab.4 The correlation coefficient of between DDGS WSM and Lightness(L*) yellowness(b*) values and redness(a*)

	L*	b*	a*
R ² (WSM)	-0.132 8	-0.021 6	-0.005 9

表 5 DDGS 的 L*、b* 值和水溶物含量与常规营养成分之间的相关性

Tab.5 The correlation coefficient of between DDGS nutrient and Lightness(L*) yellowness(b*) values and WSM	总能 GE	粗蛋白 CP	粗脂肪 EE	NDF	ADF	钙 Ca	总磷 P	非植酸磷 NPP
R ² (L*)	0.009 3	0.037 9	-0.018 1	-0.045 5	-0.021 7	0.006 2	-0.030 7	-0.180 9
R ² (b*)	0.127 9	0.000 2	-0.044 7	-0.266 5	-0.254 0	-0.098 6	0.004 1	-0.040 9
R ² (WSM)	-0.042 8	-0.118 4	0.102 9	-0.146 7	-0.077 0	-0.394 5	0.662 2	0.556 9

2.4 DDGS 中 AFB₁ 和三聚氰胺含量

由表 6 可知 ,10 个 DDGS 的 AFB₁ 全部检出 ,含

量介于 2.33 ~ 22.45 μg/kg ,平均含量为 11.99 μg/kg。10 个 DDGS 样品均未检出三聚氰胺。

表 6 DDGS 中 AFB₁ 和三聚氰胺含量
Tab. 6 AFB₁ and melamine content of DDGS

样品编号 Sample number	A	C	D	E	F	G	H	L	O	Q	平均值 Average
AFB ₁ / (μg/kg)	4.63	12.10	17.06	15.93	11.30	5.89	2.33	17.66	22.45	10.50	11.99
三聚氰胺 / (mg/kg) Melamine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

注: 表中“-”表示“未检出”。

Note: -. Means no melamine.

3 讨论

3.1 DDGS 的色泽、容重和水溶物含量

同一厂家不同批次 DDGS 的色泽、容重和水溶物含量比不同来源 DDGS 的变异小。本试验结果表明, 17 个不同来源 DDGS 的 L^* 值和 b^* 值范围分别为 33.32 ~ 44.34 和 7.45 ~ 15.42。色泽差值大的原因可能是不同酒精厂加工工艺中 DDS (Distillers Dried Solubles, 可溶性干酒糟) 的添加比例对 DDGS 色泽的影响。Noll 等报道, 随着 DDS 的添加量增加, DDGS 的 L^* 值降低, b^* 值下降^[7], 本试验结果与之相似; 而 Ganesan 等^[8] 试验结果表明, 随着 DDS 添加比例的增加, DDGS 的亮度指标 (L^*) 下降 (相关系数 $R^2 = 0.76$), 红色度 (a^*) 和黄色度 (b^*) 则增加 (相关系数分别为 $R^2 = 0.63$ 和 $R^2 = 0.72$), 两者结果的不同可能是 DDGS 的原料在加工过程中干燥时间和温度不同所导致。另外, 原料的色泽也是 DDGS 色泽差异的重要因素。有资料报道, DDGS 的色泽对动物的生长性能和动物产品品质有很大影响。Cromwell 等研究表明, DDGS 的色泽深浅与鸡的增重和饲料转化效率呈高度相关^[9]。Ergul 等^[10] 研究证实, 可以根据 DDGS 的外观颜色浅 (L^*) 和黄 (b^*) 来合理的预测家禽赖氨酸消化率。因此, 对 DDGS 色泽的研究在动物生产中具有意义。

原料对 DDGS 的容重影响很大。本试验结果表明, 小麦 + 木薯 DDGS (Q) 的容重最小; 不同来源的玉米 DDGS 容重范围大 (最大值和最小值相差 141 g/L), 可能与玉米的品种、质量及 DDG 和 DDS 的比例有关。根据 DDGS 的加工工艺, 原料发酵后的滤清液只含有 0.02% ~ 0.05% 的不溶固形物^[11], 因此, DDGS 的水溶物含量可以粗略的认为是 DDS 含量。本试验数据显示, 17 个 DDGS 中平均水溶物含量为 26.17%, 畜禽生产中需要注意的是小麦 DDGS (P) 和小麦 + 木薯 DDGS (Q) 的水溶物含量偏低 (小于 15%)。

3.2 DDGS 的常规营养成分含量

原料和加工工艺是 DDGS 营养成分变异的重要因素。本试验结果表明, 同一厂家两个批次 DDGS

的 9 项营养指标 (粗灰分除外) 间的变异系数都低于不同来源的 DDGS, 与 Noll 等^[12] 的研究结果基本一致。生产原料对 DDGS 的营养成分影响很大, 主要表现在粗脂肪、NDF、钙和磷含量上, 小麦 DDGS (P) 和小麦 + 木薯 DDGS (Q) 的粗脂肪含量低于非湿法生产的玉米 DDGS, 糙米 + 玉米生产的 DDGS (A 和 B) 和小麦 DDGS (P) 的 NDF 含量高于玉米 DDGS, 小麦 DDGS (P) 和小麦 + 木薯 DDGS (Q) 的钙明显高于玉米 DDGS, 总磷含量偏低。加工工艺对 DDGS 的粗脂肪含量影响最大, 湿法生产的 DDGS (A、B、C、D 和 F) 经过脱脂, 粗脂肪含量一般低于 6%, 非湿法生产的玉米 DDGS 粗脂肪含量在 10% 左右。另外, 加工过程中残留在 DDGS 中的淀粉量也是其营养成分变异大的因素^[13]。DDGS 中淀粉残留量不同的原因可能是在加工过程的发酵炉中谷物颗粒大小、液化温度 (82 ~ 91℃) 及发酵时间 (40 ~ 60 h) 影响谷物发酵的效率^[14]。总之, DDGS 的营养成分变异大, 影响在动物生产中的应用, 建议每批检测后应用更合理。

本试验结果表明, 玉米 DDGS (C ~ O) 的粗蛋白、粗脂肪、粗灰分、NDF、ADF、钙、总磷、非植酸磷含量大约是玉米的 3 倍, 可能的原因是由于 3 t 玉米可以发酵产生约 1 t DDGS, DDGS 的营养成分就浓缩成玉米的 3 倍。DDGS 属于蛋白质饲料, 未脱脂的 DDGS 粗脂肪含量约是豆粕的 5 倍, NDF 约是豆粕的 3 倍, 可见未脱脂的 DDGS 可以为动物提供较高的能量, 其 NDF 含量较高, 是奶牛唾液分泌、反刍、保持瘤胃内 pH 平衡及瘤胃健康所需的, 在泌乳奶牛上, 充足的 NDF 也是防止乳脂率下降所必需的^[15], 即 DDGS 是反刍动物重要的纤维来源; 在单胃动物中需适量添加。DDGS 的非植酸磷含量较高, 约是豆粕的 2 ~ 3 倍, 可以减少畜禽配合饲料中磷酸氢钙的用量。DDGS 的非植酸磷/总磷高于玉米, 可能是在发酵过程中微生物的作用使玉米中的植酸磷释放出磷, 玉米 DDGS 中非植酸磷含量增加。因单胃动物消化道内缺乏从有机复合物中解离磷酸根的消化酶, 不能利用植酸磷^[16], DDGS 应用于鸡和猪饲料中, 可提高磷的利用率。

3.3 DDGS 的 L^* 、 b^* 值和水溶物含量与营养成分的相关性

本试验结果显示, DDGS 水溶物含量与总磷和非植酸磷含量呈中等程度正相关, 回归公式分别为 $y_1 = 0.0193x_1 + 0.1265$ ($R^2 = 0.6622$, y_1 为总磷含量, x_1 为水溶物含量), $y_2 = 0.015x_2 + 0.1669$ ($R^2 = 0.5569$, y_2 为非植酸磷含量, x_2 为水溶物含量), 可能是酒精生产的发酵过程中, 原料中的植酸磷在酶的作用下形成的非植酸磷大部分都存在于滤液中, 水溶物含量中总磷和非植酸磷含量增加。但 DDGS 的其他营养成分与水溶物含量的相关性小, 因此水溶物含量只能是影响 DDGS 质量的一个因素。

从 DDGS 的加工工艺可知, DDS 的添加比例越大, DDGS 的颜色越深。因此, 理论上 DDGS 的色泽与水溶物含量应存在高度正相关。本试验结果显示, DDGS 色泽与水溶物含量不存在相关性, 可能是影响 DDGS 色泽的因素还有加工过程中烘干温度和烘干时间^[17]以及原料色泽。明显可以看出小麦 DDGS(P) 和小麦 + 木薯 DDGS(Q) 颜色较浅, 水溶物含量低, 但其色泽指标(L^* 和 b^* 值) 没有反映出来。

因此, 原料、加工工艺、DDS 的添加比例都影响 DDGS 的色泽和营养成分含量, 不能简单的通过 DDGS 的色泽和可溶物含量来估测其他营养成分含量。

3.4 DDGS 的 AFB₁ 和三聚氰胺含量

DDGS 在加工过程中, 高温蒸煮温度和时间分别为 140℃ 和 90 min, 发酵环境为酸性^[18], 常压 110℃ 加热烘干^[17], 这些条件都不能破坏黄曲霉毒素的毒性^[19]。因此 DDGS 中的黄曲霉毒素主要来源于生产原料(尤其是玉米)中。杨晓飞等从四川采集的 28 个玉米样品的 AFB₁ 检出率为 100.0%^[20]; 吕明斌等^[21] 从我国北方 71 个玉米样品中检测出黄曲霉毒素为 0.80 ~ 110.90 μg/kg。因此, 虽然玉米中的黄曲霉毒素在气候环境和季节等因素的影响下受污染程度不同, 但检出率较高。此外, 我国玉米流通途径较广, 各个环节的贮藏保存造成的黄曲霉毒素污染也占一定的比例。目前我国没有 DDGS 中 AFB₁ 的限量标准, 本试验测定的 10 个 DDGS 的 AFB₁ 含量的最高值低于玉米中 AFB₁ 限量值(50 μg/kg)。吴德峰研究表明, 用含 AFB₁ 3 mg/kg 的饲料饲喂家禽, 产卵家禽产卵量显著下降, 其他禽类增重几乎全部停止, 鸡蛋中的 AFB₁ 残留量比其他脏器组织中高^[22]。含高剂量 AFB₁ 的 DDGS 长期使用在畜禽饲料中, 可导致肉用种母鸡子代胚胎死亡率非常高^[23]; 奶牛饲料转化率、生产性能及疾病抵抗力下降^[24]。因此定期检查饲料厂和养殖场 DDGS

的霉变状况及霉变程度非常关键。

三聚氰胺是一种廉价的含氮丰富的原料, 尽管其对人体和动物的危害尚未被完全认知, 但如长期和反复接触, 可能对肾产生危害。有资料报道, 奶牛精饲料中三聚氰胺低于 20 mg/kg 时, 牛奶中没有残留; 猪肉中三聚氰胺残留量低于 50 mg/kg 时, 猪肉是安全的^[25]。农业部 2008 年上半年对全国 30 个省(区、市)生产、经营和使用环节的 288 批次蛋白饲料进行检测, 17 批次检出三聚氰胺, 检出率为 5.90%。本试验测定的 10 个 DDGS 样品均未检出三聚氰胺, 可安全应用于畜禽饲料中。

4 结论

同一厂家不同批次 DDGS 的颜色指标(L^* 和 b^*) 和 9 项常规营养成分(除粗灰分)的变异系数小于不同来源的 DDGS; 13 个玉米 DDGS 的平均粗蛋白、粗脂肪、粗灰分、NDF、ADF、钙、总磷和非植酸磷含量约是玉米的 3 倍, 粗脂肪、NDF、ADF、总磷和非植酸磷含量高于豆粕; DDGS 的水溶物含量与总磷和非植酸磷含量呈中等程度相关。通过安全指标测定, DDGS 在安全范围内, 可有效利用。

参考文献:

- [1] 甘在红, 邵彩梅. 玉米 DDGS 的生产工艺与选用标准[J]. 新饲料, 2006, 10: 16-18.
- [2] 张宏福, 李玫, 贺倩. DDG、DDGS 氨基酸代谢率(鸡)测定研究[J]. 中国饲料, 1993, 11: 3-4.
- [3] 郭亮, 郭浩, 李学武. 玉米干酒糟及其可溶物(DDGS)营养价值评定和评定技术的研究[J]. 中国畜牧兽医, 2005, 32(1): 17-19.
- [4] 李恒鑫. DDGS 对蛋鸡营养价值评定[J]. 现代畜牧兽医, 2005, 10: 17-19.
- [5] 李秋菊. 我国不同来源 DDGS 对家禽营养价值的评定研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2009.
- [6] 张丽英 主编. 饲料分析及饲料质量检测技术(第 2 版)[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2003: 45-140.
- [7] Noll S, Parsons C, Walters B. What's new since September 2005 in feeding distillers co-products to poultry[C]. Proceedings from the 67th Minnesota Nutrition Conference & University of Minnesota Research Update Session: Livestock Production in the New Millenium, St Paul, MN, 2006: 149-154.
- [8] Ganesan V, Rosentrater K A, Muthukumarappan K. Effect of moisture content and soluble levels on the physical and chemical properties of DDGS[C]. ASAE Annual International Meeting, Tampa, FL, July 2006: 17-20.
- [9] 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]. *Journal of Animal Science* ,1993 ,71: 679 – 686.
- [10] Ergul T ,Martinez Amezcus C ,Parsons C M *et al.* Amino acid digestibility in corn distillers dried grains with solubles [J]. *Poultry Science* 2003 82(Suppl. 1) : 70.
- [11] 龙芳羽,张旭晖,张 伟,等. DDGS 的加工工艺及其在奶牛上的应用[J]. *中国奶牛* 2007 4: 12 – 13.
- [12] Noll S ,Abe C ,Brannon J. Nutrient composition of corn distillers dried grains with solubles [J]. *Poultry Science* , 2003 82(Supplement) : 71.
- [13] 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]. *Journal of Animal Science* 2002 80: 26 – 39.
- [14] Davis K. Corn milling ,processing and generation of co-products [C]. pages 1-7 in 62nd Minnesota Nutrition Conference and Minnesota Corn Growers Association Technical Symposium ,Bloomington ,MN. 2001.
- [15] Fox D G ,Sniffen C J O ,Connor J D *et al.* A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: III. Cattle requirements and diet adequacy [J]. *Journal of Animal Science* ,1992 70: 3578 – 3596.
- [16] Dirk E ,Axe ,Qingping Liu. 陈 强译. 饲料级无机磷酸盐和饲料原料中磷的生物学效价的评定 [J]. *饲料广角* 2000 ,16: 12 – 16.
- [17] 吕明斌,郭吉原,刘雪芹. DDGS 的质量控制要点 [J]. *中国家禽* 2007 29(10) : 45 – 46.
- [18] 谢 林,张成虎,杨礼辉. 高粱原料酒精及 DDGS 生产工艺的探讨 [J]. *酿酒科技* 2000 2: 51 – 52.
- [19] 肖传英,冯广鹏,魏金涛,等. 饲料中黄曲霉毒素及其研究进展 [J]. *畜禽业* 2007: 4 – 7.
- [20] 杨晓飞,余 冰,陈代文,等. 2006 年四川地区饲料原料霉菌毒素污染状况的调查报告 [J]. *饲料工业* , 2007 28(13) : 61 – 64.
- [21] 吕明斌,陈 刚,汪尧春,等. 北方地区饲料原料霉菌毒素污染状况 [J]. *中国饲料* 2004 9: 32 – 34.
- [22] 吴德峰. 禽类黄曲霉毒素的中毒机理研究 [J]. *动物毒物学* 2000 ,15(1 2) : 55 – 56.
- [23] Qureshi M A ,Brake J ,Hamilton P B *et al.* Dietary exposure of broiler breeders to aflatoxin results in immune dysfunction in progeny chicks [J]. *Poultry Science* , 1998 77: 812 – 819.
- [24] Whitlow L W ,Hagler W M Jr. Mold and mycotoxin issues in dairy cattle: Effects ,prevention and treatment [J/OL]. North Carolina State University ,<http://www.ces.ncsu.edu/disaster/drought/Mycotoxin-Review.pdf> 2008.
- [25] 李胜利. 三聚氰胺相关问题答疑 [EB/OL]. <http://lisheng0677.blog.163.com> ,2008 – 08 – 06.