

第八章 DDGS 的物理和化学特性

不同来源的DDGS的理化特性不同,会影响其饲养价值及加工特性。这些理化特性包括:颜色、气味、粒度、容积密度、酸碱度 (pH)、流动性、货价寿命及吸湿性。

颜色

DDGS 的颜色呈多样化,从淡黄色到深褐色,不同来源 DDGS 的颜色差异受以下因素影响:

- 所使用谷物原料的天然颜色
- 干燥前加入谷物的可溶物数量
- 干燥时间和干燥温度

玉米籽实的颜色因不同的品种而不同,并且对最终的 DDGS 颜色有些影响。因为许多高粱品种呈青铜色,所以玉米和高粱混合物生产的 DDGS 颜色比玉米生产的 DDGS 颜色深。

将较高比例可溶物加入粉料(酒糟部分)生产的 DDGS,其颜色变深。Noll 等(2006)进行了一项研究,干燥前在粉料中加入大约 0、30、60、100% 的可溶物,然后分别对 DDGS 的颜色进行评定。添加可溶物的实际速度是 0、55、114、191 公升/分钟。如表 1 所示,随着可溶物添加速度增加,L* (颜色的亮度指标)和 B (黄色度)随之降低,而 a* (红色度)随之增加。Ganesan 等(2005)也报告了相似的结果。

表1 可溶物添加速度对DDGS颜色特性的影响

测定指标	0公升/分钟	55公升/分钟	114公升/分钟	191公升/分钟	Pearson 相关系数	P 值
颜色(CIE测定)						
颜色L*	270.3	258.4	238.9	270.3	- 0.98	0.0001
颜色a*	36.4	38.2	42.3	36.4	0.62	0.03
颜色b*	197.0	191.6	183.8	197.0	- 0.92	0.0001

资料来源于 Noll 等(2006)。

干法酒精生产厂的干燥器温度在127℃-126℃之间。DDGS在干燥器中的时间也影响其颜色。一般来说,干燥温度越高,干燥时间越长,则 DDGS 颜色越深。

气味

高品质的 DDGS, 芳香, 呈发酵性气味。受热过度的 DDGS, 闻起来一股糊味或者烟味。

粒度、容积密度及 pH

在生产全价饲料或饲料添加剂时,家畜和家禽营养学家考虑的一个重要因素就是原料的粒度及其均匀度,以便选择原料和确定是否需要进一步加工。粒度影响:

1、营养物消化率——随着粒度减小，营养物消化率和饲料转化率随之提高，这是因为营养物的表面积增加，有利于消化酶的作用。

2、混合效率——原料混合物中粒度较均匀，可缩短混合时间，使全价料中原料均匀分布。

3、运输和加工期间原料分离的数量——不同大小和容积密度的颗粒混合一起运输或加工时，易于发生原料分离。

4、颗粒品质——通常定义为制粒后颗粒的硬度和细粒在全价饲料中的百分率。对于玉米-豆粕型基础日粮，平均粒度（400微米）较小，一般情况下颗粒的品质较高。

5、容积密度——是一种描述单位体积原料重量的指标。一般来说，减小粒度可增加容积密度，从而增加单位体积原料或全价饲料的重量。

6、适口性和粉状日粮的分级——依不同的动物而不同，精磨粉状饲料会降低采食量，而且容易形成饲槽与贮料箱间的桥接。过粗的饲料会降低其适口性。

7、胃溃疡发生率——对于猪而言，随着日粮平均粒度的减小，胃溃疡的发生率增加。

在确定运输车辆、船舶、集装箱及口袋等的贮藏容量时，需要考虑的一个重要因素就是容积密度。容积密度影响运输和贮藏成本。容积密度低的原料，单位重量的运输和贮藏费用较高。容积密度也影响全价料处理期间可出现的原料分离。运输期间容积密度高的颗粒沉淀至底部，而容积密度低的颗粒则升至顶部。

在明尼苏达大学进行的几项尚未发表的研究，比较了不同来源DDGS的粒度和容积密度。第一项研究于2001年夏季进行，具有代表性的DDGS样品（4.5千克）来自明尼苏达、南达可达和密苏里的16家酒精工厂。使用美国5号筛，从这些样品中，每家工厂筛选出200克DDGS次级样品，并测定和记录未通过筛的DDGS重量。将通过筛的细颗粒收集到容器中并称重。美国饲料筛的筛号及其相应的筛孔（微米）是：# 10（2000）、# 16（1180）、# 18（1000）、# 20（850）和# 30（600）。收集在容器中的DDGS粒度小于600微米。收集在筛上的DDGS并称取重量，用以计算每部分的重量百分率。除测定平均粒度（几何平均值）外，同时计算每个酒精厂样品粒度的变异系数（CV）和标准差（SD）。结果见表3。

容积密度（千克/立方米）的测定方法是，以DDGS填充容量为1夸脱的容器，然后称容器内的DDGS的重量（结果见表3）。同时用视觉评定样品的颜色及“糖球”现象。

16家酒精厂的DDGS粒度平均值是1282微米（SD=305，CV=24%），其范围从612微米（6号工厂）到2125微米（15号工厂）。因此，来自这些现代化酒精工厂的DDGS，其平均粒度差异相当大。作为参考，猪和家禽粉状日粮的理想平均粒度是600—800微米。仅有6号工厂和7号工厂接近这个理想范围。其它工厂生产的DDGS颗粒较粗。进一步粉碎DDGS，可以降低全价混合料中DDGS的平均粒度，改善粒度均匀性，提高营养物消化率。15号工厂的平均粒度最高（2125微米）。生产DDGS伴有大量糖球的工厂，其DDGS平均粒度一般较高。

容积密度平均值为572.7千克/立方米（SD=2.79，CV=7.8%），但其范围从494.1至630.5千克/立方米。然而，平均粒度与容积密度之间的相关性特别低（ $r=0.05$ ），这可能是因为在不同的样品中，糖球的数量不同。

表3 不同酒精厂DDGS粒度的均值、变异及容积密度（2001年）

工厂	粒度均值	标准差	容积密度	变异系数 %	68%颗粒下落的区间:	
1	1398	2.32	36.3	0.17	603	3243
2	1322	2.00	39.2	0.15	661	2644
3	1425	1.62	36.8	0.11	880	2309
4	1370	1.84	36.3	0.13	745	2521
5	1255	1.68	33.5	0.13	747	2108
6	612	2.75	39.3	0.45	223	1683
7	974	2.15	36.1	0.22	453	2094
8a	1258	1.70	33.7	0.14	740	2139
8b	1142	1.84	30.8	0.16	621	2101
9	1337	1.78	31.8	0.13	751	2380
10	1488	1.62	38.2	0.11	919	2411
12	1235	1.75	31.4	0.14	706	2161
13	1198	1.87	35.9	0.16	641	2240
14	1229	2.09	39.2	0.17	588	2569
15	2125	1.56	37.6	0.07	1362	3315
16	1148	2.25	35.1	0.20	510	2583
平均	1282.25	1.93	35.7	0.15	697	2406

明尼苏达大学的研究者们于2004年（34份样品来自11个州的酒精工厂）和2005年（35份样品）进行了另外两项DDGS营养分析和物理特性研究。如表4和表5所示，平均粒度从665~737微米，但粒度范围特别大，从73-1217微米。DDGS的pH平均值为4.1，但其范围从3.6到5.0。

表4 34份DDGS样品的粒度、容积密度和pH值（2004年分析）

	平均值	范围	标准差	变异系数, %
粒度, 微米	665	256 - 1087	257.48	38.7
容积密度, 千克/立方米	500.5	500.5 - 561.5	39.0	124.8
pH值	4.14	3.7 - 4.6	0.28	6.81

表5 35份DDGS样品的粒度、容积密度和PH（2005年分析）

	平均值	范围	标准差	变异系数, %
粒度, 微米	737	73 - 1217	283	38.0
容积密度, 千克/立方米	404.3	365.8 - 505.3	138.0	548.7
pH值	4.13	3.6 - 5.0	0.33	7.91

流动性

流动性即粒状固体和粉末从运输或贮存容器中放出时的流动能力。流动性不是物质固有的天然属性，而是多种属性相互作用，共同影响物质的流动性（Rosentrater, 2006）。流动性可受一系列互作因素的影响，包括产品的水分含量、粒度分布、贮存温度、相对湿度、时间、产品内部压实分布、运输期间的振动和/或贮存过程中这些因素的变化（Rosentrater, 2006）。可影响流动性的其它因素包括化学要素、蛋白质、脂肪、淀粉和碳水化合物水平以及流散剂

的添加。

在特定条件下，DDGS 呈现极小的流动性（AURI 和 MN 玉米种植协会，2005；国家玉米酒精研究中心，2005）。如果 DDGS 转入卡车、火车或者集装箱之前没有适当冷却和晒干，则容易发生“聚集”或“结块”现象。这时常引起流动性问题和卸货困难。流动性的降低限制了 DDGS 的流通，使得某些 DDGS 不大受顾客和运输商的欢迎。

一些旨在确定引起流动性问题的因素以及可能的解决方案的研究正在开展。农业应用研究院和明尼苏达玉米种植协会（2005 年）在实验室条件下研究了一定数量的 DDGS 样品。他们报告，当相对湿度大于 60% 时，似乎会降低 DDGS 样品的流动性，这可能与产品的吸水能力有关。来自环境或 DDGS 自身的水分都可能影响流动性，还有其它许多因素如粒度、可溶物含量、干燥器温度、干燥器出口处的水分含量等都可能影响流动性。

改善 DDGS 流动性的干预措施尚处于工厂内试验及减小误差的方法阶段。某些干预措施涉及调节发酵的完整性、调整水分含量以及改变粒度，但这些研究结果尚未在科学文献上发表。衣阿华石灰石公司（2003 年）研究了在 DDGS 中加入 2% 碳酸钙作为流散剂的效果。他们报告，在实验室条件下，DDGS 干燥后加入碳酸钙，休止角减小 6~12%。他们的研究没有尝试在实际生产条件下测定流动性。因为水分和相对湿度可能对 DDGS 流动性影响很大，一些人认为使用沸石和 / 或颗粒调制可控制 DDGS 中水分的转移。但对此尚无对照研究报告。

因为饲料原料的流动性受多重因素影响，所以任何一个单项试验都不可能完整的测定原料的流动能力（Rosentrater, 2006）。剪切试验设备是用来测量散装材料的强度和流动性的设备。他们还测量了原料的压缩量和块体强度（Rosentrater, 2006）。

测量颗粒物流动性的另一种方法包括测量四种主要物理特性：休止角、可压缩性及均匀系数（如内聚力）（Rosentrater, 2006）。

货架寿命

因为 DDGS 的水分含量通常在 10~12%，所以在运输和贮存期间腐败变质的风险极小，除非水渗透到运输工具或贮存设备里。没有研究表明，需要用防腐剂和防霉剂以预防 DDGS 腐败变质及延长货架寿命。

除非 DDGS 水分含量超过 12~13%，DDGS 的货架寿命可长达数月。美国谷物协会进行了一项试验，DDGS 装入一个 12.2 米的集装箱，从南达科他州的一家酒精工厂船运至台湾。到达台湾后，将 DDGS 装入 50 公斤的口袋并贮存在钢板仓中 10 周，此间，在位于北回归线以南 20 公里的一家商品奶牛场进行奶牛饲养试验。

贮存期间，平均环境温度超过 32%，湿度超过 90%。到达奶牛场时收集 DDGS 样品，10 周贮存期满后，再次收集 DDGS 样品。试验期间，过氧化值（代表油脂的氧化酸败程度）没有变化。据推测，这可能是因为玉米中含有丰富的天然抗氧化剂，在加热期间其含量进一步提高。

吸湿性

有关 DDGS 吸湿性（吸收水分的能力）的资料很少。但有事实表明，在潮湿气候条件下，经长期存贮期后，DDGS 水分含量会提高。美国谷物协会在台湾开展了一项肉用仔鸡田间试

验，从2004年3月16日到6月10日，监测商品饲料厂贮存期间DDGS的水分含量。每周从饲料厂的仓库中收集DDGS随机样品，分析13周贮存期的水分变化。DDGS水分含量从9.05%（贮存期开始时）提高到12.26%（13周贮存期结束时）（见表6）。如预期的那样，DDGS中的粗蛋白质含量没有变化，自始至终没有产生黄曲霉毒素。

表6 台湾商品饲料厂DDGS贮存期间水分、粗蛋白质及黄曲霉毒素的实验室分析结果

取样日期	样品编号	水分, %	粗蛋白, %	黄曲霉毒素, 百万分之一 (ppm)
04年3月16日		9.05	27.60	0.00
04年3月17日		10.17	27.61	0.00
04年3月24日	1	10.65	27.59	0.00
04年3月31日	2	10.70	27.63	0.00
04年4月7日	3	10.71	27.62	0.00
04年4月14日	4	10.76	27.73	0.00
04年4月21日	5	10.93	27.71	0.00
04年4月28日	6	11.02	27.62	0.00
04年5月5日	7	11.28	27.54	0.00
04年5月12日	8	11.16	27.61	0.00
04年5月19日	9	11.70	27.63	0.00
04年5月27日	10	11.88	27.61	0.00
04年6月3日	11	12.13	27.50	0.00
04年6月10日	12	12.26	27.53	0.00

参考文献

Agricultural Utilization Research Institute (AURI), and Minnesota Corn Growers Association. 2005. Distiller's Dried Grains Flowability Report. Waseca, MN.

Cromwell, G.L., K.L. Herkleman, and T.S. Stahly. 1993. Physical, chemical, and nutritional characteristics of distillers dried grains with solubles for chicks and pigs. *J. Anim. Sci.* 71:679-686.

Ferrer, E., A. Algria, Farre', G. Clemente, and C. Calvo. 2005. Fluorescence, browning index, and color in infant formulas during storage. *J. Agric. Food Chem.* 53:4911-4917.

Noll, S., C. Parsons, and B. Walters. 2006. What's new since September 2005 in feeding distillers co-products to poultry. Proceedings from the 67th Minnesota Nutrition Conference & University of Minnesota Research Update Session: Livestock Production in the New Millenium, St. Paul, MN. pp. 149-154.

Ganesan, V. K.A. Rosentrater, and K. Muthukumarappan. 2005. Effect of moisture content and soluble levels on the physical and chemical properties of DDGS. ASAE paper No. 056110. St. Joseph, MI.

ILC Resources. 2003. CaCO₃ treatment of DDGS. In house study provided by R.H. Bristol.

National Corn to Ethanol Research Center (NCERC). 2005. Website at: www.ethanolresearch.com/. Accessed June 13, 2006.

Pederson, C., A. Pahn, and H.H. Stein. 2005. Effectiveness of in vitro procedures to estimate CP and amino acid digestibility coefficients in dried distillers grain with solubles by growing pigs. *J.*

Anim. Sci. (Suppl. 2) 83:39.

Rosentrater, K.A. 2006. Understanding Distiller's grain Storage, Handling, and Flowability Challenges. Distiller's Grains Quarterly. First Quarter 2006. pp. 18-21.

Shurson, J., S. Noll, and J. Goihl. 2005. Corn by-product diversity and feeding value to non-ruminants. Proc. MN Nutr. Conf. pg. 50 - 68.

University of Minnesota. 2005. DDGS website at: www.ddgs.umn.edu. Accessed October 3, 2006.