

第四章 DDGS 在家禽日粮中的应用

家禽日粮中使用 DDGS 的历史

由于供应和价格 (Waldroup 等, 1981) 以及营养水平和消化率的变化 (Noll 等, 2001) 等因素, 历史上在家禽饲料中含可溶物干玉米酒糟用量大约为 5%。在过去的几十年里, 在家禽饲料中使用的 DDGS 是一种含促进生长和改善孵化率未知因子的主要饲料来源。干燥的浓缩可溶物 (DDS) 或者 DDGS 在家禽饲料中的添加量在 10% 以下。Couch 等 (1957) 研究表明, 饲料中使用 5% DDGS 后可以使火鸡的生长速度提高 17-32%。Day 等 (1972) 报道在进行的三个试验中, 其中的一个试验日粮中使用 2.5% 或 5% DDGS 可以提高肉鸡的体重。Couch 等 (1957) 也发现如果在日粮中使用干苜蓿粉、浓缩鱼可溶物和 DDS, 产蛋后期种火鸡的种蛋孵化率提高。Manley 等 (1978) 观察到当产蛋末期蛋鸡的产蛋能力下降时, 如果在饲料中添加 3% DDGS, 产蛋力会提高。几个学者提出了一个假设, 对这些未知因子的反应可能与饲料的适口性提高有关。Alenier 和 Combs (1981) 指出与未使用 DDGS 的玉米豆粕日粮相比, 育成期蛋鸡更愿意采食 10% 或者 15% DDS 日粮。但是, Cantor 和 Johnson (1983) 却无法在他们的试验中再现这种采食反应。这些早期试验中发现的正面作用被认为是 DDS 和 DDGS 能够提供维生素, 可能还能提供家禽日粮中缺乏的微量元素。现在, 我们已经建立了必需营养素的需要量和不同商业化营养素产品的可利用率, 再在家禽日粮中使用酒糟类副产品就不可能观察到这些反应了。

DDGS 对家禽的营养价值

DDGS 可以给家禽提供一定量的能量、氨基酸和磷。然而, Spiels 等 (2002) 发现 DDGS 的营养水平会在不同的酒精生产厂间出现差异, 但是总的来看营养水平要高于国家研究委员会 (NRC, 1994) 发表的数字。由于酒精生产厂不同而导致的差异在 5% 以下的只有干物质, 粗蛋白质、粗脂肪、粗纤维和一些氨基酸的变异系数小于 10%。家禽饲料中首要的两个限制性氨基酸是赖氨酸和蛋氨酸, 而不幸的是, 这两个氨基酸的变异系数较高, 分别为 17.3 和 13.6%。而且, Spiels 等 (2002) 发现磷的变异系数也很高, 为 11.7%。后来, Noll 等 (2003) 又进行了测试, 他们从 4 个酒精厂得到了 22 个 DDGS 样品, 发现分析的蛋白质、粗灰分、粗纤维、蛋氨酸、赖氨酸和磷的平均值都低于 Spiels 等 (2002) 的结果。可是, 这可能是由于他们检查的酒精厂和采集到的样本数量较低, Spiels 等 (2002) 是从 10 个酒精加工厂采到了 118 个样品进行了分析。Noll 等 (2003) 认为同一个酒精生产厂的结果变异要小于酒精生产厂不同所致的变异。

能量

在最近的研究中, 研究者认为 DDGS 对火鸡而言含有 2,865 千卡表现代谢能 (AME) / 公斤 (Noll 等, 2004), 对肉鸡有 2905 千卡真代谢能 (TME) / 公斤 (Lumpkins 等, 2004), 对蛋

鸡有 2,805 千卡 TME/公斤 (Lumpkins 等, 2005), 饲料中含量为 10% 时对饲料转化效率没有任何负面影响。Batal 和 Dale (2004) 认为对公鸡来说, DDGS 的平均 TME 值为 2,831 大卡/公斤, Roberson (K. D. Roberson, 密西根州立大学, 私人通信) 认为火鸡幼禽中 DDGS 的 AME 值为 2,760 大卡/公斤, 而蛋鸡的 AME 为 2,750 大卡/公斤。对雄火鸡来说, 关于 DDGS 的能量价值, NRC (1994) 的 2,480 大卡/公斤或者试验中(Noll 等, 2005)推算出来的 TME 值 2,980 大卡/公斤都不如试验得出的 AME 值 2,750 大卡/公斤更合适。保守地说, 使用 2,755 大卡/公斤代谢能可以避免高估 DDGS 的能量值。无论如何, 重要的是要知道, 最近的能量研究结果都比 NRC (1994) 的 2,480 大卡/公斤要高。

氨基酸

最近的研究结果表明颜色较浅的 DDGS 氨基酸含量和消化率也都比 NRC (1994) 报道的数值要高。比如, Ergul 等 (2003) 认为 DDGS 赖氨酸的消化率可以高达 83%, 而 NRC (1994) 上家禽的数值只有 63%。Cromwell 等 (1993) 首次证明, DDGS 的颜色较浅(L*)和较黄(b*)与鸡的增重 (分别为 0.74 和 0.72) 和饲料转化效率 (分别为 0.69 和 0.74) 呈现高度相关。Ergul 等(2003)也证实了在家禽中, 对那些颜色发浅的 DDGS 产品, 可以根据外观颜色的浅和黄来合理地预测赖氨酸消化率。

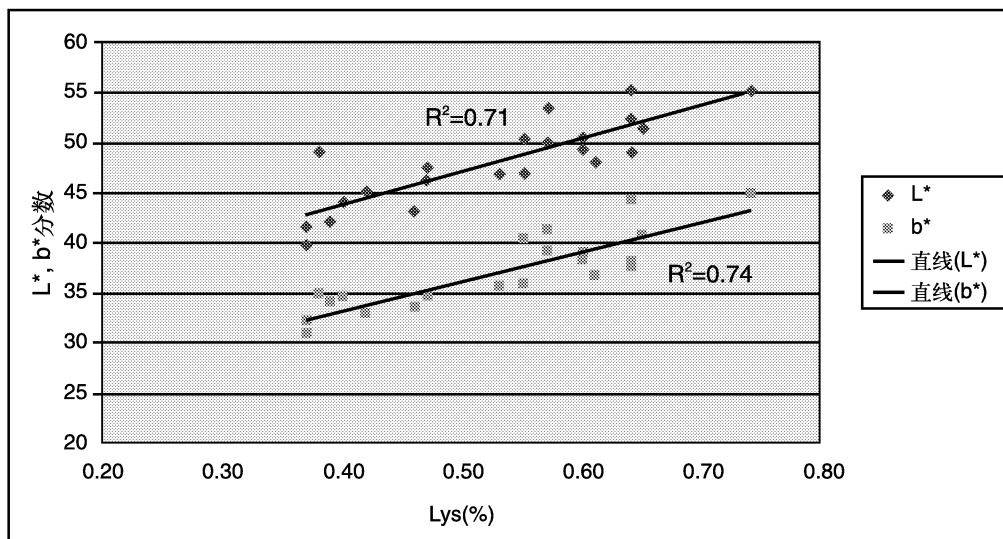


图1 可消化赖氨酸 (%) 和颜色 (L*, b*) 的回归关系

矿物质

DDGS 的磷含量也很高 (0.73%; Noll 等, 2003)。对家禽来说 DDGS 的磷有效率较高, 这点上不像玉米。Lumpkins 和 Batal (2005) 估计磷的有效率为 54% 和 68%, 而同时 Martinez 等 (2004) 认为对不同的 DDGS 样品来说, 磷的生物利用率为 69%、75%、82% 和 102%。DDGS 中的钠含量范围为 0.01-0.48%, 平均为 0.11%。因此, 如果在日粮中使用了含钠水平较高的 DDGS 时, 为了避免出现湿窝和脏蛋等问题, 有必要对整个日粮的钠水平进行调整。

叶黄质

DDGS 中含有高达 40 ppm 的叶黄质。商业化养殖场的试验和大学的研究都说明 DDGS 中

的叶黄质能够显著地增加鸡蛋中蛋黄的颜色 (Shurson 等, 2003 和 Roberson 等, 2005), 而且当 DDGS 在肉鸡日粮中含量为 10% 时, 能够显著提高肉鸡的肤色。

蛋鸡中使用美国 DDGS

在蛋鸡日粮中使用高质量 DDGS 的研究很少。Matterson 等 (1966) 表明在蛋鸡日粮中可以使用 10-20% 的 DDGS, 能够提供这个日粮蛋白质的 30%, 同时也不用使用合成赖氨酸, 对蛋产量没有任何影响。Harmse 等 (1969) 报道在蛋鸡日粮中使用 10% DDGS 来代替一部分日粮蛋白质并不影响蛋产量和蛋重。Jensen 等 (1974) 的结果说明使用 DDGS 可以提高内部的蛋白质 (哈氏单位), 但是这个反应不是固定的。

前不久, Lumpkins 等 (2005) 使用海兰 W - 36 做了一个试验, 从 22 周开始到 42 周, 其中有高能 (2,871 大卡 TME_n/公斤) 和低能 ((2,805 大卡 TME_n/公斤) 两种日粮, 其中使用了 15% 的 DDGS 或者没有使用 DDGS。这项研究中, DDGS 的颜色价值是 $L^* = 58.52$, $a^* = 6.38$, 和 $b^* = 20.48$ 。在整个 22 周的试验期中, 使用 15% 或者 0% DDGS 的高能日粮对蛋产量没有任何影响。但是, 从 26 到 34 周中, 含有 15% DDGS 的低能日粮却使蛋产量略微下降, 但 34 周后就没有影响了。整个试验期中, 四种日粮对蛋重、蛋比重、蛋壳强度、饲料转化效率、体重和死亡率都没有影响。从 25 到 31 周不同日粮对哈氏单位也没有影响。在 43 周, 与含有 15% DDGS 的高能日粮相比, 含有 15% DDGS 低能日粮的哈氏单位较低。而且, 使用 15% DDGS 后对蛋黄颜色没有显著影响。通过这些结果, 研究者们认为蛋鸡日粮中可以使用 DDGS, 在高能的商业化饲料中可以使用 10-12%, 但是如果想在低能日粮中使用 DDGS, 添加水平应该降低。

Roberson 等 (2005) 做了两个试验, 蛋鸡日粮中分别使用了 0、5%、10% 和 15% 的 DDGS, 饲喂给蛋鸡后检查是否会影响蛋产量或者蛋黄颜色等指标。在第一个试验中, 从 48 周到 56 周中, 使用了颜色较浅的 DDGS 添加到日粮中。然后, 从 58 到 67 周间, 棕色 DDGS 被添加到日粮中。在大多数阶段, 蛋产量没有差异。但是, 当日粮中的 DDGS 水平提高时, 蛋产量 (52-53 周)、蛋重 (63 周)、蛋质 (51 和 53 周) 及蛋比重 (51 周) 都呈线性下降。在整个试验期, 随着 DDGS 在日粮中水平的增加, 蛋黄颜色也线性变深。第二个试验中, 当 DDGS 用量增加时, 蛋黄红度 (a^*) 线性增加。这些结果说明, 当日粮中含有 10% DDGS, 或者更多的颜色较浅的 DDGS 后, 一个月内蛋黄颜色更深, 如果使用含有 5% DDGS 日粮两个月, 蛋黄颜色再进一步加深。研究者的结论是蛋鸡日粮中使用 15% DDGS 不会影响蛋产量, 但是试验一的不同结论说明应该使用低于 15% 的 DDGS。

Shurson 等 (2003) 在墨西哥的哈利斯科进行了一个商业化的蛋鸡饲喂试验, 来评价在墨西哥的实际饲喂条件下蛋产量、蛋质量和蛋黄颜色的情况。对照和 10% DDGS 日粮在干物质、粗蛋白质、粗脂肪、粗灰分、钙和磷上都没有差异。但是, 10% DDGS 日粮中的叶黄质明显较高 (11.8 ppm), 对照日粮的水平为 10.2 ppm, 而且在试验的头四周内, 两种日粮的叶黄质差异是最大的 (图 1)。随着试验的进行, DDGS 日粮中的叶黄质下降, 说明在 16 周的储存期内 (在 12 周的正式试验期前有 4 周), DDGS 中的叶黄质有损失。

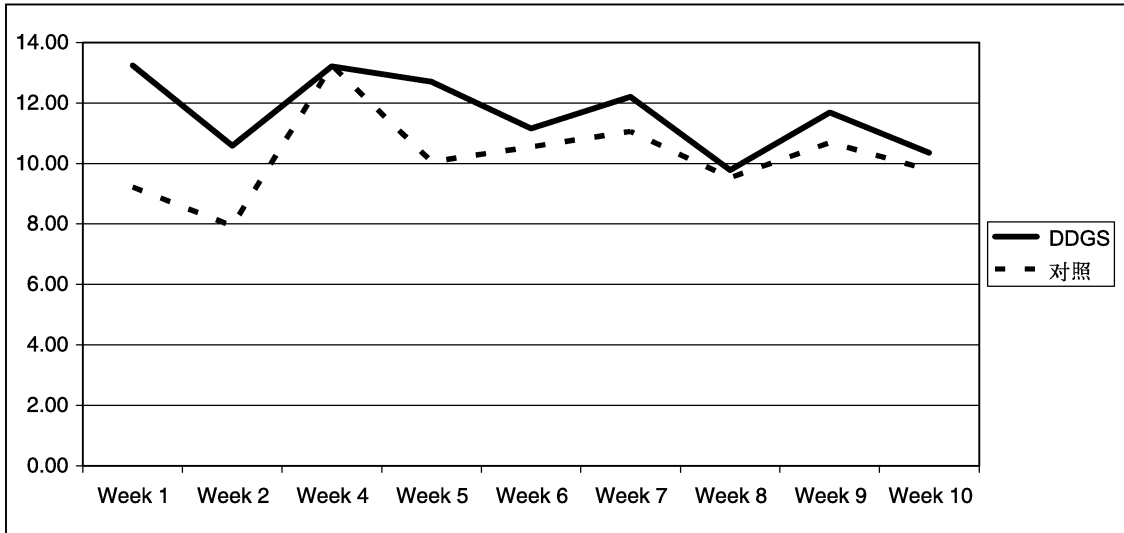


图1 为期12周的蛋鸡试验期间对照和DDGS日粮中的叶黄质水平

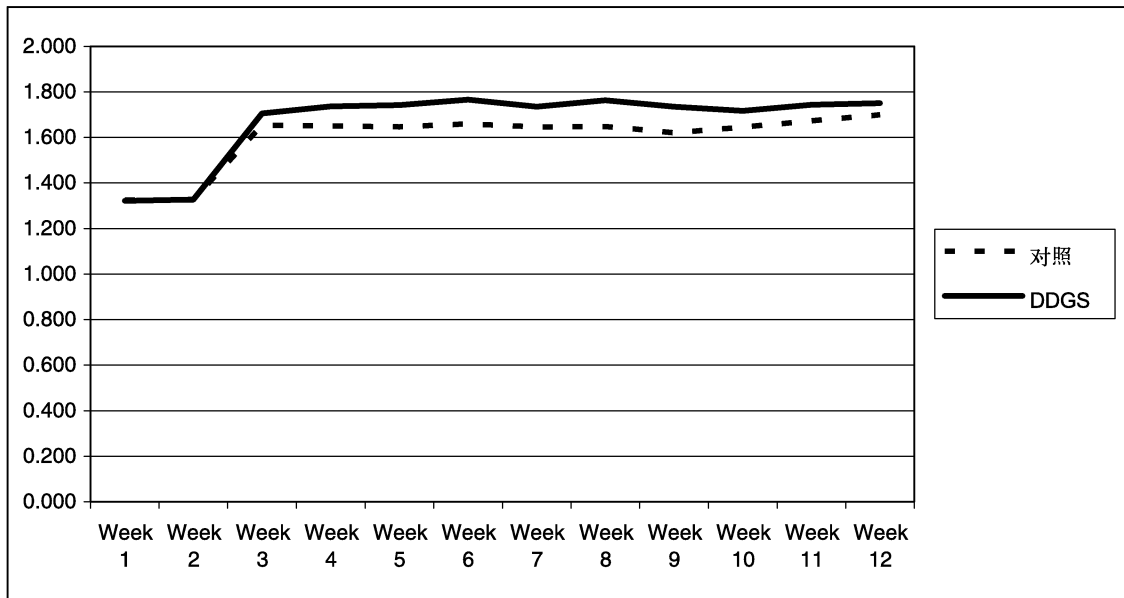


图2 12周DDGS试验中蛋鸡的平均体重 (公斤)

在试验的头两周里，蛋鸡体重在不同处理间没有差异。但是从3到12周，饲喂DDGS日粮的蛋鸡体重要高于对照日粮组（图2）。这说明DDGS日粮的能值高于对照组，因为每周的饲料采食量在对照和DDGS日粮间没有差异（图3）。

正象图4显示的，在1、2、3、4和9周，对照组和DDGS组的蛋产量平均数没有差异。但是，在5、6、7、8、10、11和12周，DDGS日粮的产蛋量平均数更高。这些结果说明，在哈利斯科，蛋鸡日粮中使用10%的DDGS后，蛋产量要比普通日粮的高。由于传染性支气管炎临床症爆发以及使用了真菌污染的高粱，使得在第9周的产蛋量下降。使用DDGS日粮

的蛋鸡要比对照组更快地恢复到较高的生产水平。

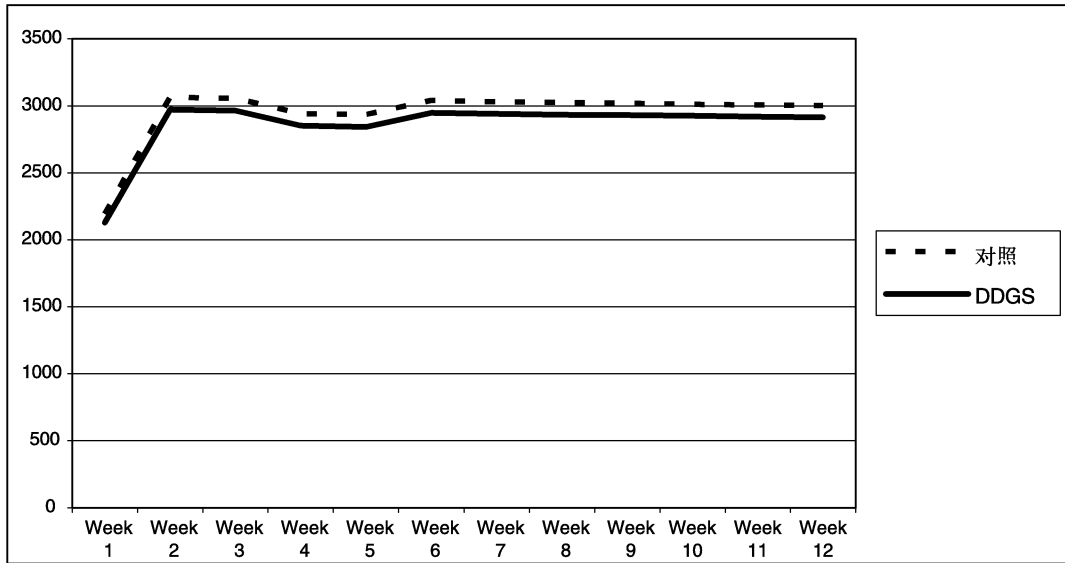


图3 12周DDGS试验中蛋鸡的平均体重 (公斤)

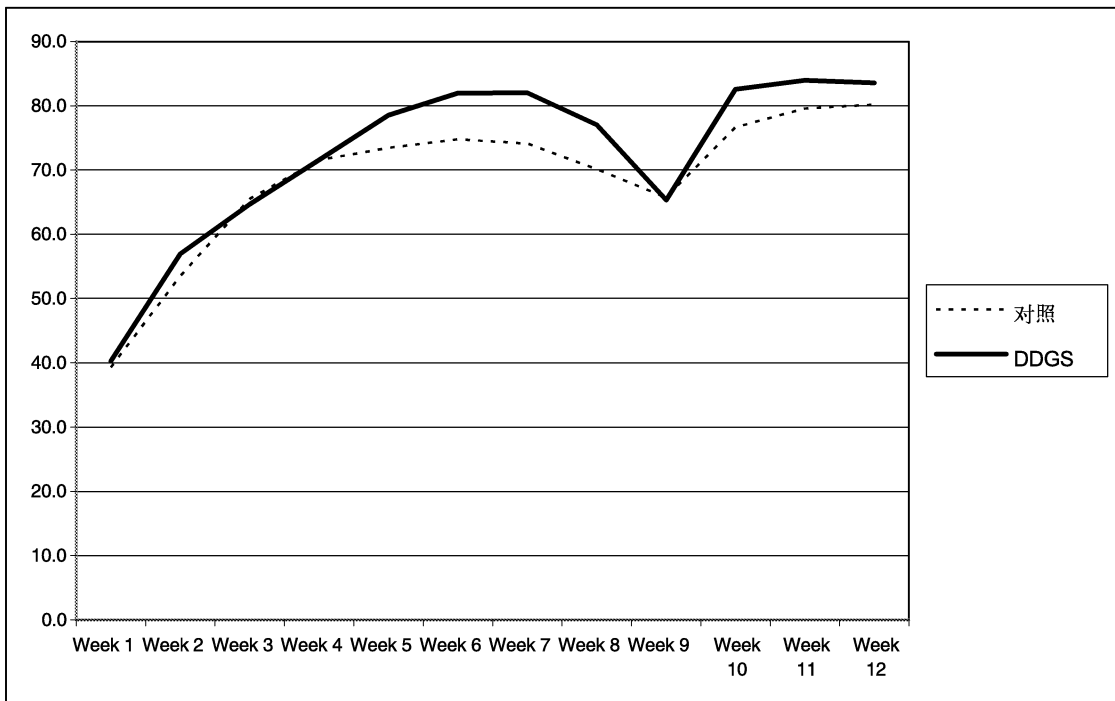


图4 饲喂对照和DDGS日粮的蛋鸡每周平均产蛋量比例

象表2中说明的，使用对照和DDGS日粮的蛋鸡在死亡率%和淘汰率%上都没有什么差异。通过12周的饲喂期，使用DDGS日粮的一级鸡蛋比例要比使用对照日粮的高些，而且产蛋量要多出3.7个鸡蛋。另外，使用DDGS日粮后蛋重有比对照日粮高的趋势。但是，使用

DDGS 日粮后整个鸡蛋产量中的一级蛋比例下降，这是由于破蛋比例升高（1.22 对 0.75%），无壳蛋比例升高（0.02 对 0.01%），脏蛋比例升高（2.18 对 1.37%）和双黄蛋比例升高（0.12 对 0.08%）所致。尽管不同的日粮处理造成无壳蛋和双黄蛋有显著差异，但是它们占总的蛋产量比例很小，并不重要。使用 DDGS 日粮后破蛋变多，可能是由于产得蛋较大，不能很顺利地通过鸡笼的鸡蛋收集口。在这个试验中，饲喂 DDGS 日粮后脏蛋比例要比对照组高的原因不清楚。

表1 在蛋鸡日粮中使用DDGS后对蛋鸡死亡率、淘汰率、产蛋量和蛋质量的影响

指标	对照	DDGS	SE	P值
平均蛋鸡数/周/	3,948	3,828	51.2	0.12
蛋鸡死亡率, %	1.99	1.80	0.13	0.30
蛋鸡淘汰率, %	0.49	0.52	0.07	0.76
一级鸡蛋的比例, %	66.2	68.9	1.09	0.10
总产蛋量	224,533	229,294	2324	0.17
平均产蛋率, %	68.7	72.4	1.01	0.02
总产蛋重量, 公斤	14,576	14,659	158.2	0.72
平均产蛋重量/蛋鸡/天, 公斤	0.308	0.320	0.005	0.11
一级鸡蛋的总数量	219,565	221,156	2338	0.64
一级鸡蛋的比例, %	97.8	96.5	0.20	0.003
破蛋总量	1,683	2,806	116	0.0001
破蛋比例, %	0.75	1.22	0.05	0.0001
无壳蛋总量	26.3	48.4	4.45	0.003
无壳蛋比例, %	0.01	0.02	0.002	0.006
脏蛋总量	3,073	4,999	341	0.001
脏蛋比例, %	1.37	2.18	0.15	0.002
双黄蛋总量	185	284	16.9	0.001
双黄蛋比例, %	0.08	0.12	0.008	0.003
平均鸡蛋哈氏单位	92.6	93.2	0.46	0.45
平均蛋比重	7.41	7.34	0.06	0.51
平均蛋黄颜色	10.63	10.81	0.02	0.02

不同的日粮处理并没有使鸡蛋白质量（以哈氏单位进行测定）和蛋壳质量（以蛋比重进行测定）出现差异（表 1）。然而，DDGS 日粮组在 6 周、10 周和 11 周的蛋重高于对照组（图 6）。而且，与对照日粮相比，饲喂 DDGS 日粮后，蛋黄的颜色更深，这更加符合墨西哥消费者的习惯（表 1）。但是，从图 7 中可以看出，这种蛋黄颜色的差异在产蛋早期比在产蛋晚期明显，这与图 1 中 DDGS 的叶黄质随时间水平下降的现象是一致的。

这项研究的结果表明在哈利斯科，与普通的蛋鸡料相比，实际的蛋鸡日粮使用 10% 的 DDGS 后，能够显著提高产蛋率 % 和蛋黄颜色。然而，由于蛋重有所提高，因此可能会因为商业化蛋鸡场中使用的鸡笼类型而使破蛋比例升高。蛋鸡使用对照日粮和 DDGS 日粮后，死亡率、淘汰率、鸡蛋白质量和蛋壳质量都没有任何差异。但是，使用 10% DDGS 日粮后，脏蛋比例升高。导致这种脏蛋比例升高的可能原因还不清楚，也许与进行试验时管理条件的细小差异有关。

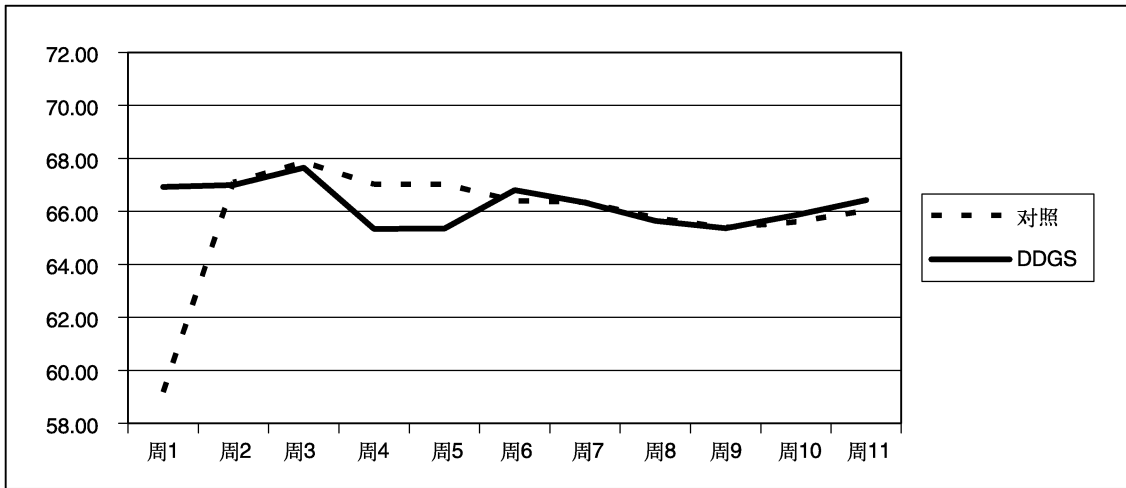


图6 使用对照和DDGS日粮后蛋鸡的每周平均蛋重 (克)

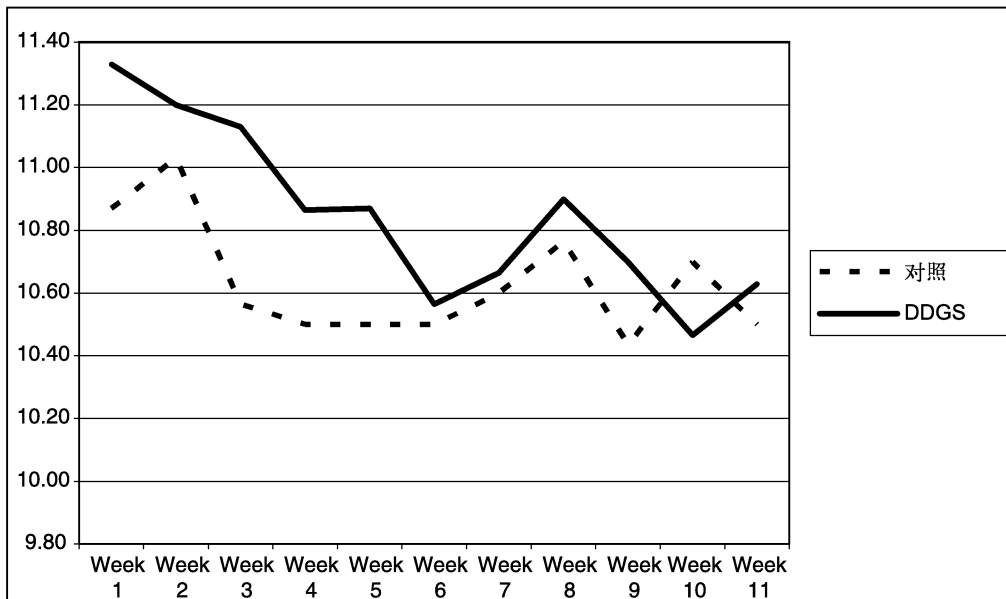


图7 使用对照和DDGS日粮后蛋黄颜色 (罗氏单位) 的差异

肉鸡中使用 DDGS

研究者们发现在肉鸡日粮中使用DDGS有正面作用。在Day 等(1972)进行的早期研究中, 在肉鸡日粮中使用低比例的DDGS (2.5和5%) 后肉鸡体重要比对照组高。Waldroup 等(1981) 认为只要能量水平保持一致, 肉鸡日粮中可以使用高达 25% 的 DDGS, 生长性能依然良好。

在最近的研究中, Lumpkins 等 (2004)进行了两个试验, 来评价日粮能量和蛋白质水平以及 DDGS 用量对肉鸡的影响。在第一个试验中, 两个营养水平(高水平 = 22% 粗蛋白质, 3,050 大卡 MEn/ 公斤; 低水平 = 20% 粗蛋白质, 3,000 大卡 MEn/ 公斤)日粮中使用了 0 或者

15%的DDGS。肉鸡从0到18日龄采食这些试验料。使用高水平日粮的肉鸡体重和饲料转化效率都要好于低水平日粮，但是在同一个水平下，使用0或者15%的DDGS对肉鸡的生产性能没有影响。在第二个试验中，日粮在等能、等氮基础上分别使用了0%、6%、12%或者18%的DDGS，试验期42天。随着DDGS含量的升高，肉鸡的体重、饲料转化效率和胴体品质都没有差异，只是雏鸡料中使用18%DDGS后，体重和饲料转化效率有所下降。这些研究者得出结论，从现代化乙醇生产厂得到的DDGS可以用在肉鸡日粮里，在雏鸡阶段的推荐用量是6%，在中后期的用量为12-15%。

美国谷物协会曾经在台湾做过几个肉鸡试验。在2005年进行的一个全面试验中 (Jin-Jenn Lu 和 Yuan-Kuo Chen, 2005)，研究者们想要了解日粮中不同的DDGS用量对三黄鸡生长性能、皮肤颜色和胴体质量的影响。研究结果说明在三黄鸡日粮中添加20%的DDGS对体重、饲料转化效率、肉品质、蛋白质代谢和脂肪代谢没有任何负面影响。DDGS中的叶黄质可以被有效利用并沉积在肉鸡的腹脂和皮肤中。DDGS中的叶黄质在高达12周的储藏期间没有任何损失。尽管DDGS中的叶黄质并不能完全代替人工色素来满足台湾市场对肉鸡颜色的要求，但20%的DDGS再加上一半的人工色素就能够满足对胴体质量、腹脂和皮肤颜色的要求。因为这个试验中没有使用人工色素的日粮成本都是一样的，因此20%的DDGS能够使人工色素的使用量降低一半，从而节省了相当可观的饲料费用。这些结果说明，DDGS对高效的三黄鸡生产是一种很好的饲料原料，它能在三黄鸡日粮中被广泛使用。

表2 在台湾的日粮中使用0和10%DDGS后对肉鸡生长性能的影响 (试验1)

	对照	10% DDGS	标准差	P值
肉鸡数量, 0天	160	160		
肉鸡数量, 38天	152	157		
存活率, %	95.0	98.1		
平均体重, 克				
0天	42	42	0.76	0.34
14天	434	441	12.82	0.22
29天	1336	1346	51.50	0.69
38天	2028	2001	46.24	0.21
平均采食量, 克				
0-14天	466	471	20.42	0.62
14-29天	1368	1401	82.31	0.39
29-38天	1417	1432	59.51	0.58
0-38天	3251	3305	131.09	0.39
平均增重, 克/天				
0-14天	392	399	12.74	0.24
14-29天	902	904	45.74	0.91
29-38天	1521	1487	53.78	0.18
0-38天	1986	1959	46.19	0.20
耗料/增重				
0-14天	1.19	1.18	0.03	0.57
14-29天	1.52	1.55	0.05	0.16
29-38天	0.93	0.96	0.07	0.33
0-38天	1.60	1.65	0.06	0.08

表3 在台湾的养殖场中使用0和10%DDGS日粮后对肉鸡生长性能的影响 (试验2)

	对照	10% DDGS
起始肉鸡数量	30,000	30,000
结束肉鸡数量	28,950	28,584
存活率, %	96.5	95.3
均体重/肉鸡, 公斤		
32天	1.76	1.72
36天	1.96	1.90
平均采食量/肉鸡, 公斤		
0-36天	3.51	3.21
耗料/增重		
0-36天	1.79	1.69
平均饲料成本NT/公斤	10.05	9.87
每公斤增重成本, NT	17.99	16.68

2004年在台湾的一个商业化饲料场进行了其他的肉鸡试验。这两个试验的生长性能结果见表2和3。这些结果说明在雏鸡、育成期和育肥期日粮中加入10%DDGS后,肉鸡的生长性能依然很好,与典型的商业化肉鸡日粮效果相同。这些结果与乔治亚大学已经发表的数据是一致的,都表明高质的DDGS可以在雏鸡、育成期和育肥期日粮使用12%,而不会对生长性能有任何负面影响。

火鸡

Noll (2004)总结了雄性火鸡在生长育肥期时日粮中DDGS用量高达12%后的三个试验效果,发现体增重和饲料转化效率与对照的玉米-豆粕-肉粉日粮没有差异。Roberson (2003)做了两个试验,使用大白雌性火鸡来评价日粮中增加DDGS用量后对生长性能的影响。第一个试验中,玉米-豆粕日粮中分别加入0%、9%、18%或者27%DDGS后,饲喂56-105日龄的生长期火鸡。在105日龄时,火鸡体重随着日粮中DDGS用量的增加而直线下降。但是,日粮中DDGS的升高会改善77到105天的饲料转化效率。Roberson (2003)指出DDGS使用量较高时,鸡嗉囊下垂的发生率升高。在第二个试验中,生长期日粮中DDGS含量为0%、7%或者10%,一半的火鸡在生长期使用10%DDGS日粮,育肥期使用7%DDGS的日粮。试验的结果是不同的日粮对体增重或者饲料转化效率没有影响。他认为如果能够正确地使用DDGS的营养价值,生长和育肥期火鸡日粮中DDGS的用量可以用到10%。

鸭

美国谷物协会最近在台湾的家畜研究所I-lan基地资助了一项研究活动。主要内容是研究日粮中使用含可溶物的干玉米酒糟后对褐Tsaiya蛋鸭生产性能和鸭蛋品质的影响(Huang等, 2006)。14到50周龄的蛋鸭被随机地分到四个处理组中,四个处理组的日粮中分别使用了0%、6%、12%或者18%的DDGS。日粮是等氮等能的,都含有2,750大卡/公斤ME和19%的粗蛋白质(CP)。这项研究的结果表明,日粮中使用高达18%的DDGS后,对蛋鸭的采食量、饲料转化效率以及蛋壳质量都没有显著差异。天气较冷时,蛋鸭日粮中使用18%的DDGS

反而会增加鸭蛋产量。DDGS的日粮使用量为12%或者18%时蛋重有增加的趋势。随着饲料中DDGS含量的提高,蛋黄颜色线性变深。DDGS中的叶黄质能够很好地被蛋鸭利用。在蛋鸭日粮中使用DDGS后,蛋黄的脂肪水平以及油酸含量都有所提高。DDGS可以被有效地在蛋鸭日粮中使用,这样可以在不影响生产性能的前提下,提高蛋黄的特征。

总结

现在我们推荐在肉禽日粮中DDGS的使用水平为10%,蛋禽中为15%。如果在做配方时,能够正确地调整能量和氨基酸水平,DDGS的用量可以更高(Noll等,2004;Waldroup等,1981)。当在日粮中使用DDGS来做配方时,应该使用可消化氨基酸数值,尤其是赖氨酸、蛋氨酸、胱氨酸和苏氨酸。而且还要在配方系统中设定色氨酸和精氨酸的最小接受值,因为这两种氨基酸是DDGS蛋白质中天然的第二位限制性氨基酸。

参考文献

Abe, C., N. J. Nagle, C. Parsons, J. Brannon, and S. L. Noll, 2004. High protein corn distiller dried grains as a feed ingredient. *Poultry Sci.* 83 (Suppl. 1):264.

Alenier, J.C. and G.F. Combs, Jr. 1981. Effects on feed palatability of ingredients believed to contain unidentified growth factors for poultry. *Poultry Sci.* 60:215-224.

Batal, A. B. and N. M. Dale, 2004. True metabolizable energy and amino acid digestibility of distillers dried grains with solubles. *Poultry Sci.* 83 (Suppl 1):317.

Cantor, A.H. and T.H. Johnson. 1983. Effects of unidentified growth factor sources on feed preference of chicks. *Poultry Sci.* 62:1281-1286.

Combs, G.F. and E.H. Bossard. 1969. Further studies on available amino acid content of corn distillers dried grains with solubles. In "Proceedings Distillers Feed Research Council Conference." Pp. 53-58.

Couch, J.R., A.A. Kurnick, R.L. Svacha, and B.L. Reid. 1957. Corn distillers dried solubles in turkey feeds - summary and new developments. In "Proceedings Distillers Feed Research Council Conference" . Pp. 71-78.

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.

Day, E.J., B.C. Dilworth, and J. McNaughton. 1972. Unidentified growth factor sources in poultry diets. In "Proceedings Distillers Feed Research Council Conference" . Pp. 40-45.

Ergul, T., C. Martinez Amezcus, C. M. Parsons, B. Walters, J. Brannon and S. L. Noll, 2003. Amino acid digestibility in corn distillers dried grains with solubles. *Poultry Sci.* 82 (Suppl. 1): 70.

Harms, R.H., R.S. Moreno, and B.L. Damron. 1969. Evaluation of distillers dried grains with solubles in diets of laying hens. *Poultry Sci.* 48:1652-1655.

Huang, J.F., M.Y. Chen, H.F. Lee, S.H. Wang, Y.H. Hu, and Y.K. Chen. 2006. Effects of Corn Distiller's Dried Grains with Soluble on the Productive Performance and Egg Quality of Brown Tsaiya Duck Layers. Personal communication with Y.K Chen agape118@so-net.net.tw.

Jensen, L.S., L. Falen, and C.H. Chang. 1974. Effect of distillers grains with solubles on reproduction and liver fat accumulation in laying hens. *Poultry Sci.* 53:586-592.

Lumpkins, B., A. Batal and N. Dale, 2004. Evaluation of distillers dried grains with solubles as a feed ingredient for broilers. *Poultry Sci.* 83:1891-1896.

Lumpkins, B.S. and A.B. Batal. 2005. The bioavailability of lysine and phosphorus in distillers dried grains with solubles. *Poultry Science* 84:581-586.

Lumpkins, B., A. Batal and N. Dale, 2005. Use of distillers dried grains plus solubles in laying hen diets. *J. Appl. Poultry Sci.* 14:25-31.

Manley, J.M., R.A. Voitle, and R.H. Harms. 1978. The influence of distillers dried grains with solubles (DDGS) in the diet of turkey breeder hens. *Poultry Sci.* 57:726-728.

Martinez Amezcua, C., C. M. Parsons, and S.L. Noll. 2004. Content and relative bioavailability of phosphorus in distillers dried grains with solubles in chicks. *Poultry Sci.* 83:971-976.

Matterson, L.D., J. Tlustohowicz, and E.P. Singsen. 1966. Corn distillers dried grains with solubles in rations for high-producing hens. *Poultry Sci.* 45:147-151.

National Research Council. 1994. *Nutrient Requirements of Poultry*, 9th Revised Edition, National Academy Press, Washington, DC.

Noll, S., V. Stangeland, G. Speers, and J. Brannon. 2001. Distillers grains in poultry diets. 62nd Minnesota Nutrition Conference and Minnesota Corn Growers Association Technical Symposium, Bloomington, MN. September 11-12, 2001.

Noll, S., C. Abe, and J. Brannon. 2003. Nutrient composition of corn distillers dried grains with solubles. *Poultry Science* 82(Supplement):71.

Noll, S. L., V. Stangeland, G. Speers, C. M. Parsons, and J. Brannon, 2003. Market tom turkey response to protein and threonine. *Poultry Sci.* 82 (Suppl. 1): 73.

Noll, S. L., J. Brannon, and V. Stangeland, 2004. Market turkey performance and inclusion level of corn distillers dried grains with solubles. *Poultry Sci.* 83 (Suppl. I): 321.

Noll, S. 2004. DDGS in poultry diets: Does it make sense. Midwest Poultry Federation Pre-Show Nutrition Conference, River Centre, St. Paul, MN. March 16, 2004.

Noll, S. L., J. Brannon, J. L. Kalbfleisch, and K. D. Roberson, 2005. Metabolizable energy value for corn distillers dried grains with solubles in turkey diets. *Poultry Sci.* 84 (Suppl. 1):

Roberson, K. D., J. L. Kalbfleisch, W. Pan and R. A. Charbeneau, 2005. Effect of corn distiller's dried grains with solubles at various levels on performance of laying hens and yolk color. *Intl J. Poultry Sci.* 4(2):44-51.

Shurson, G.C., C. Santos, J. Aguirre, and S. Hernández. 2003. Effects of Feeding Babcock B300 Laying Hens Conventional Sanfandila Layer Diets Compared to Diets Containing 10% Norgold DDGS on Performance and Egg Quality. A commercial field trial sponsored by the Minnesota Corn Research and Promotion Council and the Minnesota Department of Agriculture.

Spiehs, M.J., M.H. Whitney, and G.C. Shurson. 2002. Nutrient database for distiller's dried

grains with solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. *J. Anim. Sci.* 80:2639.

Waldroup, P. W., J.A. Owen, B.E. Ramsey, and D.L. Welchel, 1981. The use of high levels of distillers dried grains plus solubles in broiler diets. *Poultry Sci.*60:1479-1484.