

## ブロイラー用飼料成分としての DDGS の評価

B.S. Lumpkins, A. B. Batal,<sup>1</sup> and N. M. Dale

*Department of Poultry Sciences, University of Georgia, Athens, Georgia 30602*

**要約** 近代的エタノールプラントから生じた乾燥ジスチラス・グレイン・ソリュブル (DDGS) のブロイラー飼料への利用を評価するために、2つの実験を実施した。実験1は、2種のDDGSレベル(0および15%)と2種の飼料濃度(高および低)の飼料を用いた2×2の多要因実験とした。高および低濃度飼料は、それぞれ22%CPと3,050 kcal ME<sub>n</sub>/kgおよび20%CPと3,000 kcal ME<sub>n</sub>/kgを含有するように調製した。6羽ずつ8つの囲いの雛に実験飼料を0日齢から18日齢まで給与した。高濃度飼料を給与した雛の方が、低濃度飼料を給与した雛よりも増体と飼料効率(増体:飼料比)が良好であった( $P < 0.05$ )。しかし、2種の濃度レベルの内部では、0または15%でDDGSを含有する飼料による雛の成績に差は認められなかった。実験2では、50羽ずつの6重群に4種の飼料処置のいずれかを42日間施した。飼料は同一カロリーおよび同一窒素量で、0、6、12、または18%のDDGSを含有するように調製した。幼雛期にDDGS18%の飼料を給与された雛で増体と飼料要求率が抑えられた点を除き、42日間の実験期間を通じて成績および屠体歩留まりに有意差は認められなかった。これらの試験は、近代的エタノールプラントから生じたDDGSがブロイラー飼料の成分として許容できること、および幼雛期には6%、育成期と仕上げ期には12~15%を安全に使用できることを示唆している。

2004 Poultry Science 83:1891-1896

### 序文

歴史的に見ると、DDGSは、ほとんどの場合が数種類の穀物を発酵過程で使用している飲料産業の副産物であった。1930年代後半に飼料業者が家畜用飼料にDDGSを取り入れ始めたが、それ以前はあまり価値のない副産物であった(Scott, 1970)。DDGSの供給源は飲料産業だけではなく、エタノールプラントもこの飼料原料を生産していた。そして最近では、エタノールは石油に比べて燃焼がクリーンで、より高いエネルギーを出せる、部分的に再生可能な資源であるために、エタノール生産が米国で奨励されるようになった。エタノール産業はこの注目を受けて、1990年代の半ばから後期にかけて、新たなプラントをいくつも建設した。これらのプラントからのDDGSは主としてトウモロコシの発酵に由来するものであり、飲料産業で生産されるDDGSよりも穏やかな乾燥処理がなされていると考えられることから、以前よりも飼料原料として価値の高い「新世代」DDGSが得られるようになった。

DDGSの生産量は増え続けており、2005年までには飼料業界が利用できる量が約5.5~7百

万メートルトンに達すると予想されている (Shurson, 2003)。DDGS は、古くから市販の家禽用飼料に 5%以下の割合で利用されている。より高濃度で DDGS を取り入れることは、供給量の増加に対応した販路の拡大となる (Noll ら, 2001)。研究者らは、ブロイラー用飼料に DDGS を取り入れると良い結果が得られることを認めている。Day ら (1972) は、ブロイラーに低レベルの DDGS (2.5 および 5%) を含有する飼料を給与すると増体が向上することを観察した。Insko ら (1937) は、「蒸留スロップ」すなわち乾燥前の DDGS が標準的家禽飼料に含まれるトウモロコシの 80%と交換可能であることを示唆した。他にも、飼料エネルギーが一定であれば、最大 25%の DDGS をブロイラー用飼料に取り入れることができると結論づけている研究者らがいる (Waldroup ら, 1981)。しかし、これらの研究で用いられた DDGS の大部分は飲料産業に由来するもので、近代的エタノールプラントからの DDGS は栄養成分が異なっていることが考えられる。近代的エタノールプラント由来の DDGS の利用に関する研究はほとんど発表されておらず、栄養情報も限られているため、今回は、この新世代 DDGS のブロイラー用飼料への利用を評価することを目的とした。

## 材料および方法

### 一般的手順

近代的エタノールプラントからの DDGS をブロイラー用飼料にうまく取り入れられるレベルを試験するために、2つの実験を実施した。この実験で使用した DDGS は完全にトウモロコシのみに由来するもので、1990年代初めに建設されたネブラスカ州オーロラのエタノールプラントから入手したものであった。このサンプルは鮮黄色で、見かけがザラザラしていて、独特の甘い香りがした。2つの実験に使用する飼料は、総アミノ酸量に基づいて Brill 最低コスト飼料処方プログラム<sup>2</sup>を用いて調製した。飼料に使用した DDGS の栄養レベルは、以前の様々なサンプルの分析 (N.M. Dale および A.B. Batal, 2003, 未発表データ) とブク値に基づいて概算した (表 1)。実験飼料間でアミノ酸レベルを一定に維持するために、必要に応じてリジンとメチオニンを補給した。

両方の実験に使用する DDGS について近似分析を実施した。<sup>3</sup> TME<sub>n</sub>と真のアミノ酸消化率は、Sibbald (1976, 1979) が報告した手順で測定した。TME<sub>n</sub>と真のアミノ酸消化率の測定では、それぞれ 10羽の通常および盲腸摘出の単冠白色レグホンの雄鶏を 24時間絶食させてから、30gの DDGS サンプルを素嚢チューブで投与した。糞便を 48時間採取して乾燥させ、計量した。そして乾燥サンプルを粉砕し、分析に送付した (表 1)<sup>3</sup>。

表 1. 実験 1 および 2 で使用した乾燥ジスチラス・グレイン・ソリュブル  
(DDGS、原物中)の栄養組成

	DDGS	
	推定値	分析値
TME <sub>n</sub> ,kcal/kg	2,800	2,905 <sup>1</sup>
乾物、%	87	86
CP、%	27	29.1
リジン、%	0.94	0.85 (75) <sup>2</sup>
メチオニン、%	0.60	0.56 (89)
TSAA、%	1.00	1.18 (82)
トレオニン、%	0.95	1.05 (76)
アルギニン、%	1.00	1.25 (84)
トリプトファン、%	0.20	0.28 (84)
脂肪、%	10.00	9.80
灰分、%	4.50	3.90
ナトリウム、%	0.13	0.11

<sup>1</sup>DDGSのTME<sub>n</sub>は10羽の通常雄鶏で測定した。

<sup>2</sup>カッコ内の数値は、盲腸摘出雄鶏で測定した推定利用率パーセンテージである。

### 実験 1

動物のケアと使用に関する全ての手順は、ジョージア大学の承認を受けた。実験 1 は、プロイラー幼雛用飼料で 15%レベルの DDGS を試験するための予備実験であった。雛は、環境調節棟で飼養し、ワイヤーの床が一段高くなったサーモスタット管理の幼雛用連立ケージ<sup>4</sup>に収容した。Cobb×Cobb-500の性別判定していない雛を 1 処置あたり 6 羽ずつの 8 重群に分け、4 種の試験飼料のうち何れかを 0~18 日齢の間、自由に摂取させた。2×2 要因実験を使用し、0 または 15%DDGS を含む 2 種の高濃度飼料と 0 または 15%DDGS を含む 2 種の低濃度飼料を設定した(表 2)。高濃度飼料は 22%CP と 3,050 kcal ME<sub>n</sub>/kg を含有し、低濃度飼料は 20%CP と 3,000 kcal ME<sub>n</sub>/kg を含有するように調製した。低濃度飼料を含めた目的は、栄養制限条件下での DDGS 評価を可能にするためであった。増体と飼料効率(増体:飼料)を各囲いについて 7、14、および 18 日齢で測定した。

### 実験 2

実験 1 から、15%の DDGS を実用の幼雛用飼料に使用できることが示された。実験 2 の目的は、市販体重までのプロイラーの成績と屠体歩留まりに対する DDGS の影響を調べることであった。15%超までの段階的 DDGS レベルを、42 日間プロイラー成長試験で評価した。1 囲いあたり 50 羽の Cobb×Cobb-500 の性別判定していない雛を 1 処置あたり 6 重群として、カーテン型鶏舎に収容した。鶏舎には糞堆積床があり、囲いはワイヤメッシュで仕切られて 2.4 × 3.7 m (8×12 フィート)の囲いが作られている。各囲いには 2 個のベル型給水器と 2 個の

亜鉛メッキ鋼の給餌器が備えられている。飼料と水は試験期間を通じて自由摂取させた。幼雛期(0~16日齢)、育成期(17~31日齢)、仕上げ期(32~42日齢)に分けて、それぞれ0、6、12、および18%のDDGSを含有する4種の実験飼料を調製した(表3)。また、上記3期のそれぞれにおける各処置について、一定のリジンとメチオニンレベルで、窒素量とカロリー量が同一になるよう飼料を調製した。実験2でも予備実験と同じパラメータ(増体、摂餌量、および飼料効率)を検査し、これらのパラメータを16、31および42日齢で測定した。処理特性にDDGSが影響する可能性を調べるために、各囲いから10羽(雌5羽および雄5羽)をランダムに選別して、42日齢で処理した。処理の10時間前に飼料を引き揚げた。処理後、屠体を12時間冷蔵し、胸、翼、および前半身と後半身について歩留まりを測定した。屠体全体の重量を測定してから、骨付もも肉と下背部から成る後半身を切り取って白身の前半身を残した。前半身から両方の翼と大胸筋および小胸筋を取り除いた。

表2. 試験飼料の原物中組成(実験1)

成分	高濃度		低濃度	
	対照	DDGS	対照	DDGS
	(%)			
トウモロコシ、黄色、粉末	56.48	48.83	63.77	56.24
大豆ミール(48)	36.79	29.22	31.36	23.78
DDGS <sup>1</sup>	-	15.00	-	15.00
脂肪、家禽	2.69	3.03	0.77	1.01
第二リン酸カルシウム	1.74	1.38	1.77	1.39
石灰石	1.25	1.36	1.26	1.38
塩	0.50	0.47	0.50	0.47
ビタミンプレミックス <sup>2</sup>	0.25	0.25	0.25	0.25
DL-メチオニン	0.22	0.20	0.20	0.18
L-リジン	-	0.18	0.04	0.22
微量ミネラルプレミックス <sup>3</sup>	0.08	0.08	0.08	0.08
計算上の含有量				
TME <sub>n</sub> (kcal/kg)	3,050	3,050	3,001	3,001
タンパク質、%	22	22	20	20
リジン、%	1.23	1.23	1.12	1.12
メチオニン、%	0.58	0.59	0.54	0.54

<sup>1</sup>DDGS = 乾燥ジステラス・グレイン・ソリュブル

<sup>2</sup> ビタミンミックスの供給量(飼料1キログラムあたり): 硝酸チアミン、2.4 mg; ニコチン酸、44 mg; リボフラビン、4.4 mg; D-パントテン酸カルシウム、12 mg; ビタミンB<sub>12</sub>(コバラミン)、12.0 μg; 塩酸ピリドキシン、2.7 mg; D-ピオチン、0.11 mg; 葉酸、0.55 mg; メナジオン重亜硫酸ナトリウム複合体、3.34 mg; 塩化コリン、220 mg; コレカルシフェロール、1,100 IU; トランス-レチニル酢酸、5,500 IU; all-rac-酢酸トコフェロール、11 IU; エトキシキン、150 mg。

<sup>3</sup> 微量ミネラルミックスの供給量(飼料1キログラムあたり): マンガン(MnSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O)、60 mg; 鉄(FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O)、30 mg; 亜鉛(ZnO)、50 mg; 銅(CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O)、5 mg; ヨウ素(エチレンジアミンジヒドロヨウ素)、1.5 mg。

表3. 試験飼料の原物中組成 (実験2)

成分	幼雛期				育成期				仕上げ期			
	対照	6% DDGS	12% DDGS	18% DDGS	対照	6% DDGS	12% DDGS	18% DDGS	対照	6% DDGS	12% DDGS	18% DDGS
	%											
トウモロコシ、黄色、粉末	58.39	55.16	51.97	48.69	62.83	59.62	56.41	53.13	68.52	65.31	60.77	55.47
大豆ミール (48)	36.47	33.49	30.49	27.50	31.50	28.49	25.50	22.51	26.48	23.48	21.67	20.53
DDGS <sup>1</sup>	-	6.00	12.00	18.00	-	6.00	12.00	18.00	-	6.00	12.00	18.00
脂肪、家禽	1.82	2.02	2.22	2.49	2.50	2.70	2.91	3.17	2.12	2.32	2.74	3.27
除フッ素リン酸塩	1.78	1.63	1.47	1.32	1.54	1.39	1.23	1.07	1.29	1.14	0.97	0.81
石灰石	0.62	0.72	0.81	0.90	0.69	0.79	0.88	0.97	0.72	0.81	0.90	0.99
塩	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.33	0.35	0.36	0.36	0.36
ビタミンプレミックス <sup>2</sup>	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
DL-メチオニン	0.22	0.22	0.21	0.20	0.23	0.22	0.21	0.21	0.15	0.14	0.12	0.10
L-リジン	-	0.06	0.13	0.20	0.01	0.09	0.16	0.23	0.04	0.11	0.14	0.14
微量ミネラルプレミックス <sup>3</sup>	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
抗コクシジウム剤 <sup>4</sup>	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	-	-	-	-
計算上の含有量												
TME <sub>n</sub> (kcal/kg)	3,031	3,031	3,031	3,034	3,120	3,120	3,120	3,123	3,159	3,159	3,159	3,159
タンパク質、%	22	22	22	22	20	20	20	20	18	18	18	19
リジン、%	1.23	1.22	1.22	1.22	1.10	1.10	1.10	1.10	0.98	0.98	0.98	0.98
メチオニン、%	0.59	0.59	0.60	0.60	0.57	0.57	0.57	0.58	0.46	0.47	0.46	0.46

<sup>1</sup>DDGS = 乾燥ジスチラス・グレイン・ソリュブル、推定 TME<sub>n</sub> = 2,800 kcal/kg、27%CP、0.94%リジン。

<sup>2</sup> ビタミンミックスの供給量 (飼料1キログラムあたり): 硝酸チアミン、2.4 mg; ニコチン酸、44 mg; リボフラビン、4.4 mg; D-パントテン酸カルシウム、12 mg; ビタミン B<sub>12</sub> (コバラミン) 12.0 µg; 塩酸ピリドキシン、2.7 mg; D-ビオチン、0.11 mg; 葉酸、0.55 mg; メナジオン重亜硫酸ナトリウム複合体、3.34 mg; 塩化コリン、220 mg; コレカルシフェロール、1,100 IU; トランス-レチニル酢酸、5,500 IU; all-rac-酢酸トコフェロール、11 IU; エトキシキン、150 mg。

<sup>3</sup> 微量ミネラルミックスの供給量 (飼料1キログラムあたり): マンガン (MnSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O) 60 mg; 鉄 (FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O) 30 mg; 亜鉛 (ZnO) 50 mg; 銅 (CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O) 5 mg; ヨウ素 (エチレンジアミンジヒドロヨウ素) 1.5 mg。

<sup>4</sup> 抗コクシジウム剤 = Coban 60、Elanco Animal Health、インディアナ州インディアナポリス。

## 統計学的解析

両方の実験から得られたデータについて、SAS (SAS Institute, 1990) の GLM 手順を用いた完全ランダム化法 (Steel および Torrie, 1980) で ANOVA 手順を実施した。処置間の統計学的有意差は、最小有意差検定 (Steel および Torrie, 1980) を用いて評価した。実験 1 からのデータは ANOVA で解析し、主効果 (濃度と DDGS) および交互作用 (濃度 × DDGS) の有意性を判定した。統計学的有意性の判定には、確率レベル  $P < 0.05$  を用いた。

## 結果

### 実験 1

7 日齢における雛の増体については、0 または 15% の DDGS を含有する高濃度および低濃度飼料を給与した雛の間で差は認められなかった (表 4)。しかし、14 日齢と 18 日齢における増体については高濃度および低濃度飼料の間で差が認められ、高濃度飼料を給与されている雛の方が低濃度飼料の雛よりも有意に良好であった。ただし、2 種の濃度レベルの内部では、0 または 15% の DDGS を含有する飼料による雛の増体に差は認められなかった。

高もしくは低濃度飼料または 0 もしくは 15% レベルの DDGS を給与された雛の間で、摂餌量に差は認められなかった。7 日齢における飼料効率 (増体 : 飼料) については、4 種の飼料処置の全ての間で有意差が見られ、雛に 15% DDGS の低濃度飼料を給与したときの飼料効率が最低であった (表 4)。0 または 15% DDGS の高濃度飼料を給与した場合の 14 日齢における飼料効率に差は認められなかった。しかし、15% DDGS の低濃度飼料を給与した場合には、0% DDGS の低濃度飼料や高濃度飼料を給与した場合に比べて飼料効率が低下していた。18 日齢では、高濃度飼料を給与した雛の飼料効率が低濃度飼料の雛よりも向上していたが、各飼料濃度内では 0 または 15% DDGS による飼料効率の差は認められなかった (表 4)。これは、DDGS で利用される栄養基質が妥当なものであったことを示している。濃度 × DDGS 間の交互作用は認められなかった。

### 実験 2

飼料への 18% DDGS の含有は、幼雛 (0 ~ 16 日齢) 期の増体を抑制した (表 5)。12% DDGS でも、増体が数値的にわずかに低下した。育成および仕上げ期には、いずれの飼料処置の間にも増体の有意差は認められなかった。しかし、18% DDGS の飼料を給与した雛では全体的増体 (42 日齢) が抑えられ、これは主として幼雛期の増体低下によるものであった。

表 4. プロイラーへの乾燥ジスチラス・グレイン・ソリュブル (DDGS) 給与の増体と飼料効率に対する影響 (実験 1)<sup>1</sup>

処置	増体 (g/羽)			増体 : 飼料 (g:kg)		
	7 日齢	14 日齢	18 日齢	7 日齢	14 日齢	18 日齢
高濃度、0%DDGS	133	401 <sup>a</sup>	556 <sup>a</sup>	956 <sup>a</sup>	938 <sup>a</sup>	782 <sup>a</sup>
高濃度、15%DDGS	134	399 <sup>a</sup>	555 <sup>a</sup>	991 <sup>b</sup>	936 <sup>a</sup>	772 <sup>a</sup>
低濃度、0%DDGS	130	376 <sup>b</sup>	523 <sup>b</sup>	898 <sup>c</sup>	874 <sup>b</sup>	712 <sup>b</sup>
低濃度、15%DDGS	124	362 <sup>b</sup>	518 <sup>b</sup>	854 <sup>d</sup>	847 <sup>c</sup>	705 <sup>b</sup>
プーリング SEM	3.6	7.2	8.2	8.5	8.7	8.6
濃度						
高	134	400 <sup>a</sup>	555 <sup>a</sup>	944 <sup>a</sup>	938 <sup>a</sup>	777 <sup>a</sup>
低	127	369 <sup>a</sup>	521 <sup>a</sup>	876 <sup>a</sup>	861 <sup>a</sup>	709 <sup>a</sup>
プーリング SEM	2.5	5.1	5.8	6.0	6.1	6.1
DDGS						
0%	132	388	540	928 <sup>a</sup>	906	747
15%	129	380	536	893 <sup>b</sup>	892	738
プーリング SEM	2.5	5.1	5.8	6.0	6.1	6.1
変動源						
	P					
濃度	0.06	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
DDGS	0.46	0.29	0.71	0.01	0.12	0.31
濃度×DDGS	0.34	0.47	0.83	0.06	0.14	0.82

<sup>a,b</sup> 同一列内およびセクション内で共通の上付文字のない平均値は有意に異なっている ( $P < 0.05$ )。

<sup>1</sup> 平均値は、1 処置あたり 8 囲い、1 囲いあたり 6 羽ずつのものを示す。

表 5. プロイラーへの乾燥ジスチラス・グレイン・ソリュブル (DDGS) 給与の増体と飼料効率に対する影響 (実験 2)<sup>1</sup>

DDGS, %	増体 (g/羽)			増体 : 飼料 (g:kg)		
	0 ~ 16 日 齢	17 ~ 31 日 齢	0 ~ 42 日 齢	0 ~ 16 日 齢	17 ~ 31 日 齢	0 ~ 42 日 齢
0	414 <sup>a</sup>	1,052	2,314 <sup>a</sup>	746 <sup>a</sup>	597	566
6	416 <sup>a</sup>	1,055	2,289 <sup>a</sup>	739 <sup>a</sup>	600	554
12	399 <sup>ab</sup>	1,049	2,291 <sup>a</sup>	715 <sup>ab</sup>	604	565
18	387 <sup>b</sup>	1,039	2,243 <sup>b</sup>	702 <sup>b</sup>	599	554
プーリング SEM	7.2	7.2	14.4	11.2	5.7	6.7

<sup>a,b</sup> 同一列内で共通の上付文字のない平均値は有意に異なっている ( $P < 0.05$ )。

<sup>1</sup> 平均値は、1 処置あたり 6 囲い、1 囲いあたり 50 羽ずつのものを示す。

摂餌量については、実験期間を通じていずれの飼料処置間にも差は認められなかった。飼料効率(増体:飼料)は、18%DDGSの使用を給与した雛で育成期に低下し、12%DDGSの含有では飼料効率が数値的に低下した(表5)。育成期と仕上げ期、および42日間の実験期間全体では、いずれの飼料処置間にも飼料効率の差は見られなかった。プロイラー雛への0、6、12または18%DDGSの給与は、選択した屠体部分、すなわち前半身と後半身(白身および赤身部分)、翼、および胸の観察では、歩留まりに影響しなかった(表6)。

DDGSの色をMinolta比色計<sup>5</sup>で定量し、L\*(白黒)=58.52、a\*(赤緑)=6.38、b\*(黄青)=20.48という値が記録されていた。Cromwellら(1993)は、色の濃いDDGSサンプルほどアミノ酸濃度が低い傾向があると報告した。今回のDDGSサンプルの色の検

査は、将来の他の DDGS サンプルとの比較に役立つと考えられる。

表 6 . プロイラーへの乾燥ジスチラス・グレイン・ソリュブル (DDGS) 給与の屠体重量と歩留まりに対する影響 (実験 2) <sup>1</sup>

DDGS, %	屠体			前半身 <sup>2</sup>	後半身 <sup>3</sup>
	胸肉	翼	(g)		
0	1,673	284	193	719	761
6	1,662	274	194	713	755
12	1,653	278	193	713	747
18	1,639	272	193	705	741
プーリング SEM	22.7	7.5	2.7	11.8	10.9
	屠体			前半身 <sup>2</sup>	後半身 <sup>3</sup>
	胸肉	翼	(%) <sup>4</sup>		
0	71.2	16.9	11.5	43.0	45.5
6	70.9	16.5	11.7	42.9	45.4
12	70.3	16.8	11.7	43.2	45.2
18	70.8	16.6	11.8	43.0	45.2
プーリング SEM	0.80	0.29	0.09	0.29	0.33

<sup>1</sup> 平均値は、1 処置あたり 6 囲い、1 囲いあたり 10 羽ずつのものを示す。

<sup>2</sup> 前半身 = 胸、翼、背部を含む屠体の半分 (白身肉)。

<sup>3</sup> 後半身 = 骨付もも肉と下背部を含む屠体の半分 (赤身肉)。

<sup>4</sup> 歩留まり = 冷蔵屠体重量のパーセンテージ、屠体歩留まり = 生体重のパーセンテージ。

### 考察

実験 1 からの増体と飼料効率に基づく、15%DDGS なら市販 (高濃度) 飼料に安全に使用できると結論づけられる。しかし、最初の 7 日間に観察された飼料効率 (増体 : 飼料) の低下とそれ以後の数値的低下は、幼雛期には 15%DDGS という含有レベルが過剰である可能性を示唆している。これらの仮定は、実験 2 の幼雛期に 12 および 18%DDGS で雛の成績が低下したという結果によって確認された。

大豆タンパク質は、トウモロコシよりも雛の成長にとって好ましいアミノ酸パターンをもつことが知られている。18%DDGS を飼料に取り入れた場合、トウモロコシ由来タンパク質のパーセンテージは倍増する (4.6 から 8.6% に) 一方、大豆ミール (SBM) 由来タンパク質のパーセンテージは低下する。18%DDGS では、高レベルのトウモロコシ由来タンパク質とそれに対応した大豆タンパク質の低下が、境界的リジン欠乏による成績の低下に寄与した可能性があると考えられる。飼料調製に用いた DDGS のリジン推定値 (0.94%) は、分析値 (0.85%) よりも高かった。高含有レベルで観察された成績の低下は、DDGS 中リジンの過大評価と、飼料中の主要なリジン供給源である大豆タンパク質レベルの低下によって生じた境界的リジン欠乏が原因であったと考えられる。低 DDGS 含有レベルでは、大豆タンパク質からのリジンが十分に存在したため、リジン濃度の過大評価による悪影響が生じなかったようである。実験 1 で給与された、より高感度の低濃度飼料における DDGS の成長抑制効果も、境界的リジン欠乏によって説明がつくと思われる。今回の結果は、DDGS をプロイラー用飼料に唯一のタンパク源として使用すると、境界的リジン欠乏が起こって成績が僅かに低下したという Hughes と Hauge (1945) の所見と一致しているようである。

Waldroup ら (1981) は、エネルギーレベルが一定なら、プロイラーの幼雛用飼料に最大 25% の DDGS を使用できることを見出した。彼らの試験では、トウモロコシと SBM の



代わりに 25%DDGS が用いられ、リジン補給は行われなかった。今回の結果に基づくと、DDGS の含有率が高く、リジン補給を行わなければ、成績が低下すると予想される。結局、これは観察されなかったが、その理由はおそらく、リジン濃度の推定がかなり正確であったことにありと考えられる。Parsons と Baker (1983) は、リジン補給なしに最低 20% の飼料中 SBM を DDGS に置き換えることができること、およびリジンを添加すれば、最大 30% の SBM を DDGS に置き換えられることを報告した。Parsons と Baker (1983) はまた、リジンの添加を行い、飼料中のエネルギーが最適な成績を支持できるだけの十分なものであれば、25%以上の DDGS をプロイラー用飼料に使用できると結論づけた。今回の試験では、全ての飼料処置を通じて一定エネルギーレベルになるよう飼料を調製し、総リジンレベルも一定に維持されるようリジンを添加した。しかし、それでも 18%DDGS の含有で幼雛期に成績の低下が観察された。Waldroup ら (1981) が使用した飼料は、今回使用した飼料よりも脂肪レベルが高く (5.5~8.4 対 1.8~2.2%)、より高い ME (3,200 対 3,030 kcal/kg) になるよう調製されていた。そのため、飼料の線維またはエネルギー含量により、2 つの試験で観察された最大レベルの相違をさらに説明することができる。ここで使用した飼料は同一窒素量になるよう調製されていたが、Waldroup ら (1981) が使用した飼料では、最低タンパク質レベルは 23%であったものの、一定に維持されてはならず、DDGS の含有レベルが高まるにつれて上昇していた。これがおそらく、実験間の相違のもう 1 つの理由である。

幼雛期には、飼料が 18%DDGS を含有していると雛の成績が低下した。若い鳥 (18 日齢まで) ほど高レベルの DDGS を忍容しにくいように思われたが、育成期と仕上げ期には問題とはならなかった。DDGS の含有レベルが上昇すると境界的リジン欠乏が生じ、鳥が若くてアミノ酸要求量が非常に高い場合には、これが非常に制限的となるようである。育成期と仕上げ期には、いずれの含有レベルでも有意差は認められなかったが、これは、雛が幼雛期を過ぎると、比較的高レベルの DDGS を効率的に利用できるようになることを示唆している。近代のエタノールプラントからの DDGS は、市販プロイラー用飼料の成分として高度に許容されることが証明されている。控え目に見積もった幼雛用飼料への DDGS の最大使用レベルは 6%であり、以前の研究に基づくと、12%を超えない限り、9%以上のレベルを使用できると言える。ただし、育成期と仕上げ期には、飼料中の DDGS レベルを 12~15%にまで高めることが可能である。

## 謝辞

著者らは、今回の研究を可能にしてくれた Land O' Lakes 社の貢献と支援に謝意を表したい。

(欄外)

<sup>1</sup>To Whom Correspondence should be addressed: batal@uga.edu.

<sup>2</sup>Feed Management System, Inc., ミネソタ州ブルックリンセンター。

<sup>3</sup>UGA Nutrition Lab, ジョージア大学, 家禽科学棟, ジョージア州アセスおよび Experiment Station Chemical Laboratories, ミズーリ-コロンビア大学, 農業棟 4 号室, ミズーリ州コロンビア。

<sup>4</sup>Petersime Incubator Co., オハイオ州ゲティスバーグ。

<sup>5</sup>Minolta CR300 比色計, Minolta Corporation, ニュージャージー州ラムゼイ。

## 参考文献

Cromwell, G.L., K.L. Herkelman, 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 source in poultry diets. Pages 40-45 in *Proceedings of Distillers Feed Research Council Conference*, Cincinnati, OH.

- Hughes, C.W., and S.M.Hauge. 1945. Nutritive value of distillers' dried solubles as a source of protein. *J.Nutr.* 30:245-258.
- Insko, W.M., G.D. Buckner, H. Martin, and A. Harms. 1937. Distillery slop in chick rations. *Ky. Agr. Expt. Sta. Cir.* 46, Lexington, KY.
- Noll, S., V. Stangeland, G. Speers, and J. Brannon. 2001. Distillers grains in poultry diets. Pages 53-61 in 62<sup>nd</sup> Minnesota Nutrition Conference and Corn Growers Assoc. Tech. Symposium. Bloomington, MN.
- Parsons, C.M., and D.H. Baker. 1983. Distillers dried grains with solubles as a protein source for the chick. *Poult. Sci.* 62:2445-2452.
- SAS Institute. 1990. SAS STAT User's Guide Release 6.08. SAS Institute Inc., Cary, MN.
- Scott, M.L. 1970. Twenty-five years of research on distillers feeds for broilers. *Proc. Dist. Feed Res. Council.* 25:19-24.
- Shurson, J. 2003 Subject: The value and use of distillers dried grains with solubles (DDGS) in livestock and poultry rations. <http://www.ddgs.umn.edu/>. Accessed Nov. 2003.
- Sibbald, I.R. 1976. A bioassay for true metabolizable energy in feedstuffs. *Poult. Sci.* 55:303-308.
- Sibbald, I.R. 1979. The effect of the duration of the excreta collection period on the true metabolizable energy values in feed stuffs with slow rates of passage. *Poult. Sci.* 58:896-899.
- Steel, R.G.D., and J.H.Torrie. 1980. Principles and Procedures of statistics. A Biometrical Approach. 2<sup>nd</sup> ed. McGraw-Hill, New York, NY.
- Waldroup, P.W., J.A. Owen, B.E. Ramsey, and D.L. Welchel. 1981. The use of high levels of distillers dried grains with solubles in broilers diets *Poult. Sci.* 60:1479-1484.