

第9章

飼料設計の方法およびツールが DDGS の価値評価に及ぼす影響

はじめに

栄養成分のばらつき

米国産 DDGS から最大の経済的価値および栄養価値を得るという課題を克服するためのひとつの方法は、使用する DDGS の実際の栄養成分値および消化率を知ることである。表 1 は、異なる供給源から入手した DDGS を豚に給与した場合の栄養成分および消化率の平均値とばらつきの範囲を例示するためにまとめたものである。動物種別の栄養成分値および消化率の個別の推奨値については、本ハンドブックの「DDGS の栄養成分と消化率: ばらつきと In Vitro 測定」の章を参照されたい。

表 1. 米国中西部の複数のエタノールプラントから入手した DDGS サンプルの栄養成分および消化率¹

栄養成分	平均	最小値	最大値
乾物、%	89.22	86.22	92.4
粗タンパク質、%	30.8	27.3	33.9
脂肪、%	11.2	3.5	13.5
繊維、%	7.41	5.37	10.58
ME、kcal/kg	3,855	3,504	4,087
カルシウム、%	0.05	0.02	0.51
リン、%	0.61	0.51	0.74
可消化 P、%	0.36	0.28	0.47
リジン、%	0.97	0.61	1.19
SID リジン、%	0.65	0.33	0.77
メチオニン、%	0.63	0.54	0.76
SID メチオニン、%	0.47	0.40	0.66
スレオニン、%	1.15	1.01	1.32
SID スレオニン、%	0.87	0.68	0.96
トリプトファン、%	0.24	0.18	0.34
SID トリプトファン、%	0.17	0.10	0.21

¹ www.ddgs.umn.edu, Urriola (2005) および Stein と Shurson (2009) に基づく。

供給源の DDGS の栄養成分値および消化率を個別に知るとは、経済的価値を評価し、最適な動物成績を達成する上で唯一また最大に重要なことである。DDGS あるいは他の飼料原材料の栄養成分を過大評価した場合には、そうした原材料を完成飼料として動物に給与すると、成長成績が低下するという結果を招く。こうした状況は DDGS の配合率が低い場合よりも高い場合に発生しがちである。逆に、DDGS の栄養成分を過小評価すると、動物の要求量を上回る過剰な栄養を摂取させることになるだけでなく、経済的価値の過小評価や糞尿中の栄養分排泄量が増えるという結果を招く。

家畜および家禽飼料に DDGS を用いた場合の経済的価値を判断するための意志決定ツール

家畜および家禽に給与する場合の DDGS の飼料価値を見極めることを目的とした DDGS 価値判定計算ツールがすでにいくつか開発されている。こうしたツールは特定の家畜や家禽用の飼料として

DDGS の実際的な経済的価値を判断する上で非常に有効であり、DDGS の現時点での価格が栄養への貢献度からみて割安であるか、あるいは他の競合飼料原材料と比較した場合に割安であるかを知らうとする時に使用すべきものである。最も新しい DDGS 総合評価ツール

<http://www.matric.iastate.edu/DGCalculator> はアイオワ州立大学の研究者ら（Dahlke と Lawrence、2008）によって開発されたもので、広範な飼料および食品用動物種を対象としている。オハイオ州の研究者ら（Dr. Normand St-Pierre、Dr. Branislav Cobanov、Dr. Dragan Glamocic、2007）によって開発された [SESAMEwww.sesamesoft.com](http://www.sesamesoft.com) は、家畜および家禽の生産者が飼料購入先選択肢の幅を広げる手助けをすることを目指した総合的なツールである。ネブラスカ大学の研究者ら（C. Buckner、G. Erickson、T. Klopfenstein、D. Mark と V. Bremer、2006）は肉牛を対象としたトウモロコシ併産物コスト計算ツールである [Cattle Coproduct Optimizer Decision Evaluator](#) を開発した。この他に豚を対象とした以下の3種類の DDGS 評価ツールが開発されている。

[University of Illinois DDGS Calculator](#) – Dr. Beob、Dr. G. Kim、Dr. Hans、Dr. H. Stein による開発（2007年12月）

[DDGS Cost Calculator for Swine](#) - サウスダコタ州立大学学外講座の豚スペシャリストである Dr. Bob Thaler による開発（2002年9月）

[DDGS Value Calculator](#) - ウィスコンシン州マディソンの Vita Plus Corporation の Dr. Dean Koehler による開発（2002年9月）

飼料設計方法

栄養担当者によって飼料の設計方法は異なるため、DDGS の栄養成分値、ばらつきおよび消化率も異なるという問題が更に複雑になっている。しかも、反芻胃動物、豚、家禽、魚の栄養担当者の間にも複数の飼料設計方法が存在する。長い年月をかけて、粗タンパク質ベースの単胃動物用飼料設計から標準回腸消化率ベースへ、可消化エネルギーシステムから正味エネルギーシステムへと飼料設計方法は改善されてきた。飼料設計技術のこうした進歩によって、我々の能力も大幅に向上し、動物の真の栄養要求量を満たすことができるようになってきた。

飼料設計の方法は動物成績および DDGS の価値や利用方法に影響を及ぼす。動物用飼料の中で最も費用のかかる3大栄養成分は、エネルギー、タンパク質（アミノ酸）およびリンである。そのため、費用を最小限に抑えるため、飼料はこれら栄養成分の量が最小になるように設計されるが、同時に動物の健康および成績が損なわれないよう、間違いなく適正量が給与されるようにしなければならない。

飼料については総エネルギーよりも可消化エネルギー（DE）の方が利用可能なエネルギー値を正確に示すことが広く認められている。同様に、DE よりも代謝エネルギー（ME）の方が、ME より正味エネルギー（NE）の方が利用可能なエネルギー値を正確に示す。しかしながら、飼料原材料の DE、ME あるいは NE の値が正確であるか否か、こうした値を知ることができるか否か、栄養担当者の技術面での理解の程度、こうしたエネルギーシステムのいずれかを用いてエネルギー要求量を求めそれを受け入れるか否かということによって、飼料設計は大きく異なってくる。残念ながら、DDGS の NE 値は十分には確定されておらず、また ME および DE の値は確定されていでもばらつきがある

粗タンパク質は飼料または飼料原材料中の窒素含有率の有効な指標となるが、アミノ酸含有率の値を正確には反映しない。反芻胃動物用の飼料設計を行う場合には、タンパク質は受容可能な指標となるが、豚、家禽および魚のアミノ酸必要量を正確に満たすためにこれを用いることはできない。なぜならば、第一胃の微生物が様々な状態にある窒素を必要量の微生物タンパクおよび適正量のアミノ酸に変えることで、反芻胃動物のアミノ酸必要量は満たされるためである。単胃動物の消化系にはこうした能力がないため、日々の飼料から特定量の可消化アミノ酸を摂取しなければならない。単胃動物では、粗タンパク質ベースよりも総アミノ酸ベースで飼料設計する方が正確ではあるが、豚および家禽

の飼料では可消化アミノ酸ベースで飼料設計する方がより一層正確性を増すことになる。加えて、DDGS 飼料中の適切なアミノ酸バランスを確保するためには、リジン量に対するメチオニン、スレオニン、トリプトファンおよびアルギニン（家禽）の含有率を監視、調整することが重要である。さらに、エネルギー量がアミノ酸量に対して適切な割合となるよう（例えば、リジン 1g 当たりの kcal）注意することも大切である。可消化アミノ酸ベースで飼料設計することにより、タンパク質およびアミノ酸の過剰給与を回避することができ、飼料コストおよび糞尿中の窒素排泄量を最小限に抑えることが可能となる。

同様に、DDGS を配合した単胃動物用飼料では、総リンベースよりも可消化リンまたは有効リンベースで飼料設計すべきである。DDGS には比較的多くの有効リンが含まれているため、無機リンの添加量、飼料コストおよび糞尿中リン排泄量を大幅に低減することができる。可消化リンまたは有効リンベースで DDGS 飼料を調製することにより、DDGS に含まれている多量の可消化リン・有効リンを余すことなく活用することができる。

供給源間でばらつきのある栄養成分値に基づいて DDGS を使用する際、飼料設計の方法が及ぼす影響を明らかにするため、豚用飼料サンプルを幾種類か調製・比較した。この相対比較は、特定の動物種向けの栄養組成および調製方法を用いた豚以外の家畜および家禽種の飼料設計にも役立つが、複数種の家畜および家禽を対象として各自の成長段階別の飼料調製におけるあらゆる組み合わせを説明することは本書の趣旨を超えている。

DDGS の栄養成分値および消化率のばらつきが DDGS を配合した豚用飼料に及ぼす影響

DDGS の代謝エネルギー（ME）値

ME の最大値および最小値は先に報告したデータ（Pedersen ら、2007 および Anderson ら、2009）から抜き出した。ある供給源から入手した DDGS の ME の最大値は 4,334 kcal/kg DM で、最小値は 3,414 kcal/kg DM であった。飼料は真の標準回腸可消化（SID）アミノ酸ベースで調製した。SID の値は特定の供給源から入手した DDGS の SID アミノ酸値を直接測定する *in vivo* 試験に基づいたものである。いずれの飼料も ME が同じ値になるように調製した（表 2）。SID アミノ酸消化率係数は、リジン、メチオニン、スレオニンおよびトリプトファンがそれぞれ 63%、82%、71% および 69% と推定された。目標の栄養価を 45 kg の豚で 1 日 325 g の赤身増体量を達成するための栄養要求量（NRC、1998）とした。エネルギー要求量を満たすため、トウモロコシを減らして高品質ホワイトグリースを低 ME 飼料に添加した（表 2）。

表 2. 成長期豚用飼料成分比較 DDGS を配合した高 ME 飼料 (4,334 kcal/kg DM) および低 ME 飼料 (3,414 kcal/kg DM)

原材料、kg	高 ME DDGS	低 ME DDGS
トウモロコシ粒	607.0	569.14
大豆粕	172.5	172.50
DDGS 高 ME、4336 kcal/kg	200.0	
DDGS 低 ME、3414 kcal/kg		200.00
高品質ホワイトグリース		37.86
ライムストーン	10.0	10.0
第二リン酸カルシウム	4.0	4.0
塩	3.0	3.0
ビタミン・微量ミネラルプレミックス	2.0	2.0
L-リジン	1.5	1.5

栄養成分	高 ME DDGS	低 ME DDGS
乾物、%	87.39	84.03
粗タンパク質、%	19.54	19.22
ME、kcal/kg	3526	3526
リジン、%	0.83	0.83
メチオニン、%	0.30	0.30
スレオニン、%	0.59	0.58
トリプトファン、%	0.16	0.16
カルシウム、%	0.57	0.57
総リン、%	0.52	0.51
有効リン、%	0.25	0.25
Ca:P	1.10	1.12

2 箇所供給源から入手した DDGS の ME 値が大幅に異なったため、高 ME DDGS 飼料と同レベルの ME 値を維持できるよう、低 ME DDGS 飼料には 3.79% の高品質ホワイトグリース (豚脂) を添加した。高品質ホワイトグリースの添加がなければ、低 ME DDGS 飼料は豚のエネルギー要求量を満たすことができなかつたと考えられる。こうしたカロリー不足には様々な種類の脂肪を用いることが可能であるが、脂肪の種類に関わらず、低 ME 飼料への脂肪の添加は総飼料コストの大幅な上昇を招く可能性がある。こうした結果から、飼料設計においてエネルギー価を最大限に高め、飼料コストを最小限に抑えるためには、使用対象の DDGS について知り、その ME の正確な値を推定し、望ましくは DDGS および他の原材料の NE 値を知ることが重要である。

異なる供給源 DDGS 間の総リジンおよび可消化リジン含有率のばらつき

先に取り上げたように、総アミノ酸および可消化アミノ酸の含有率もまた DDGS の供給源間でばらつきがある。給与する DDGS の可消化アミノ酸値を知ることの重要性を示すため、DDGS を 10% 配合した 3 種類の飼料を調製した。Urriola (2005) が以前に発表した報告データに記載された SID リジンの値に基づいて、成長期豚用飼料の調製を行う目的で DDGS を選定した (表 3)。総リジン含有率は 0.76% から 1.02% の範囲で、SID リジンの範囲は 0.47% から 0.67% であった。

表 3. 3箇所の供給源から入手した DDGS のリジン、メチオニン、スレオニンおよびトリプトファンの総消化率および標準回腸消化率

栄養成分	低 SID リジン	平均 SID リジン	高 SID リジン
ME、kcal/kg	3833.7	3892.7	3838.3
粗タンパク質、%	28.00	29.10	31.90
リジン、%	0.76	0.85	1.02
メチオニン、%	0.50	0.52	0.58
スレオニン、%	1.05	1.05	1.15
トリプトファン、%	0.23	0.23	0.28
SID リジン、%	0.47	0.60	0.67
SID メチオニン、%	0.43	0.50	0.53
SID スレオニン、%	0.79	0.80	0.87
SID トリプトファン、%	0.17	0.20	0.20

各飼料はこれら 3 箇所から入手した DDGS を 10%（低飼料配合率）配合し、0.66%の SID リジン含有率を維持することができるように調製した（表 4）。豚の必要量に比例して DDGS のアミノ酸含有量がより寄与することになるため、DDGS の飼料配合率が上昇するに従って SID アミノ酸値の正確性の重要性が増す。こうした結果は、この飼料設計のシナリオにおいて DDGS の配合率（10%）を一定に保つ場合、SID リジンの値が高い DDGS で SID リジンの値が低い DDGS を置き換えると、飼料中の栄養成分含有率を一定に保つためには、トウモロコシの量が増加し、大豆粕の量が減少することを示している。トウモロコシ、大豆粕および DDGS 間の相対的な価格差によっては、豚用飼料に高 SID リジンを含む DDGS を配合することは、一般に、完成飼料のコストや使用量を減少させることになる。

表 4. 低、平均、高 SID リジン値の DDGS を用いた成長期豚用飼料の調製

原材料	低 SID リジン DDGS	平均 SID リジン DDGS	高 SID リジン DDGS
トウモロコシ、kg	708.1	713.2	715.9
大豆粕 47%、kg	172.7	167.5	164.8
DDGS、kg	100	100	100
第二リン酸カルシウム、kg	3.0	3.1	3.2
ライムストーン、kg	9.7	9.7	9.7
塩、kg	3.0	3.0	3.0
ビタミンおよびミネラルプレミックス、kg	2.0	2.0	2.0
L-リジン HCL、kg	1.5	1.5	1.5
総量、kg	1000	1000	1000
栄養成分			
粗タンパク質、%	17.03	16.94	17.11
ME、豚、Kcal/lb	3416	3422	3416
カルシウム、%	0.5	0.5	0.5
リン、%	0.45	0.45	0.45
Ca:P 比率	1.11	1.11	1.11
塩分、%	0.36	0.36	0.36
脂肪、%	4.34	4.26	4.24
リジン、%	0.9	0.9	0.91
SID リジン、%	0.66	0.66	0.66
メチオニン、%	0.29	0.29	0.29
SID メチオニン、%	0.26	0.26	0.26
スレオニン、%	0.63	0.62	0.63
SID スレオニン、%	0.53	0.52	0.52
トリプトファン、%	0.18	0.17	0.18
SID トリプトファン%	0.15	0.15	0.15

飼料設計の方法

粗タンパク質ベース

数十年前は米国の豚用飼料の大半が粗タンパク質ベースで調製されていたが、これは生産の各段階で必要とされる総アミノ酸含有率および可消化アミノ酸含有率が十分には確立されておらず、飼料原料に含まれる総アミノ酸含有率および可消化アミノ酸含有率も確定されていなかったためである。アミノ酸それぞれの必要量が適切に確立されると、栄養担当者らは総アミノ酸ベースでの飼料設計を開始した。しかしながら、アミノ酸消化率は供給源によって異なるため、豚用飼料で最大の栄養価値および経済的価値を得、最善の成績を達成するために、現在では可消化アミノ酸ベースでの飼料設計が行われるようになった。

DDGS を配合して粗タンパク質ベースで豚用飼料設計を行う場合に発生する可能性のある問題を示すため、DDGS を 0%、10% および 20% 配合して 50 kg の豚が必要とする粗タンパク質含有率 (16%) を満たす 3 種類の飼料を調製した (表 5)。粗タンパク質含有率 16% という一定値が維持されるように調製すると、DDGS を 10% 配合することによってアミノ酸をはじめとして豚に必要とされる栄養成

分すべてを満たすことができる。ただし、DDGS の配合率が 20% に上昇すると、0.15% の L-リジン HCl を添加しても 50 kg の豚にとって必要な総リジン含有率である 0.75% を満たすことができなくなる。このような飼料を豚に給与すると、成長率および飼料要求率はこの飼料設計方法を用いて DDGS を 0% または 10% 配合した飼料を給与した場合の値を下回ることになる。

表 5. DDGS を 0%、10% および 20% 配合し、粗タンパク質含有率が 16% になるよう調製した成長期豚用飼料の原材料および栄養成分

原材料	0% DDGS	10% DDGS	20% DDGS
トウモロコシ、kg	783.5	733.8	684.2
大豆粕 47%、kg	196.7	147.1	97.4
DDGS、kg	0	100.0	200.0
第二リン酸カルシウム、kg	5.1	3.6	2.0
ライムストーン、kg	8.2	9.0	9.9
塩、kg	3.0	3.0	3.0
L-リジン HCl、kg	1.5	1.5	1.5
ビタミンおよび微量ミネラルプレミックス、kg	2.0	2.0	2.0
総量	1000	1000	1000
栄養成分			
粗タンパク質%	16	16	16
ME 豚、Kcal/kg	3,372	3,316	3,261
リジン、%	0.92	0.82	0.72
メチオニン、%	0.26	0.27	0.28
スレオニン、%	0.59	0.58	0.57
トリプトファン、%	0.18	0.16	0.15
カルシウム、%	0.5	0.5	0.5
リン、%	0.45	0.45	0.45
Ca:P 比率	1.11	1.11	1.11
塩分、%	0.37	0.41	0.44
脂肪、%	3.65	4.14	4.64

総アミノ酸ベース

豚用飼料を総アミノ酸ベースで調製する場合に発生する可能性のある問題を示すため、一例として総アミノ酸ベースで 4 種類の DDGS 飼料（0%、10%、20% および合成アミノ酸添加 205）を調製した（表 6）。飼料は 50 kg の成長期の豚が必要とする栄養量に基づいて調製した。

いずれの飼料も NRC による総リジン、メチオニン、スレオニンおよびトリプトファンの必要量は満たしているが（過剰なものも含まれる）、アミノ酸の消化率については考慮しなかった。結果として、DDGS の配合率が 10% または 20% の飼料では、リジンおよびトリプトファンの SID アミノ酸必要量が満たされていなかった（表 6）。しかしながら、合成 L-トリプトファンおよび増量大豆粕を加えた DDGS20% 飼料（修正 20% 飼料）では、SID リジンや SID トリプトファンの必要量をともに満たしていた。

表 6. DDGS を 0%、10%および 20%配合し、総リジンベースで調製した成長期豚用飼料の原材料および栄養成分

原材料	0% DDGS	10% DDGS	20% DDGS	修正 20% DDGS
トウモロコシ、kg	796.5	757.5	635.4	610.9
大豆粕 47%、kg	183.4	123.0	147.1	170.3
DDGS、kg	0	100	200	200
第二リン酸カルシウム、kg	5.4	4.1	0.9	0.9
ライムストーン、kg	8.1	9.0	10.0	9.9
塩、kg	3.0	3.0	3.0	3.0
ビタミンおよび微量ミネラルプレミックス、kg	2.0	2.0	2.0	2.0
L-リジン HCl、kg	1.5	1.5	1.5	1.5
L-トリプトファン、kg	0.0	0.0	0.0	1.5
総量、kg	1000	1000	1000	1000
栄養成分				
粗タンパク質、%	15.5	15.1	18.0	19.0
ME 豚、Kcal/kg	3,372	3,316	3,262	3,281
リジン、%	0.88	0.75	0.85	0.92
メチオニン、%	0.26	0.26	0.31	0.32
スレオニン、%	0.57	0.54	0.64	0.83
トリプトファン、%	0.17	0.15	0.18	0.20
カルシウム、%	0.50	0.50	0.50	0.50
リン、%	0.45	0.45	0.45	0.46
Ca:P 比率	1.11	1.11	1.11	1.09
塩分、%	0.37	0.41	0.44	0.44
脂肪、%	3.66	4.16	4.60	4.57
SID リジン、%	0.66	0.52	0.60	0.66
SID メチオニン、%	0.23	0.23	0.26	0.27
SID スレオニン、%	0.49	0.44	0.51	0.54
SID トリプトファン%	0.15	0.11	0.12	0.13

真の回腸消化率ベース

現在では米国の豚用飼料の大半が SID アミノ酸ベースで調製されている。この飼料設計方法によって豚の栄養要求量を極めて正確に満たすことができ、使用しようとする DDGS のアミノ酸消化率が分かっているならば、栄養担当者はこの方法を用いることによって、豚の成績を低下させることなく DDGS を飼料に高率で配合 (> 10%) することが可能になった。表 7 に示すように、DDGS の配合率が 30%以下で、SID ベースで調製された飼料はすべて、50 kg の豚に必要なとされる SID リジン含有率 0.66% を満たすだけでなく、SID メチオニン、スレオニンおよびトリプトファンなどその他全ての栄養成分要求量を満たしている。L-リジン HCl を一定値 0.15% で添加しているが、これ以外の合成アミノ酸は添加していないことに注意されたい。こうした結果は、優れた豚の成績を確保するためには、DDGS を最大 30% まで配合する場合であっても、可消化アミノ酸要求量を確実に満たすことができるように SID アミノ酸ベースで飼料設計する必要があることを示している。

表 7. DDGS を 0%、10%および 20%配合し、SID リジンベースで調製した成長期豚用飼料の原材料および栄養成分

原材料	0% DDGS	10% DDGS	20% DDGS	30% DDGS
トウモロコシ、kg	795.9	746.3	672.1	586.4
大豆粕 47%、kg	184.0	134.4	109.8	96.6
DDGS、kg	0.00	100	200	300
第二リン酸カルシウム、kg	5.4	3.9	1.7	0.0
ライムストーン、kg	8.2	9.0	9.9	10.5
塩、kg	3.0	3.0	3.0	3.0
ビタミンおよびミネラルプレミックス、kg	2.0	2.0	2.0	2.0
L-リジン HCl、kg	1.5	1.5	1.5	1.5
総量	1000	1000	1000	1000
栄養成分				
粗タンパク質、%	15.48	17.17	18.86	20.55
ME 豚、Kcal/kg	3371	3317	3262	3205
カルシウム、%	0.5	0.5	0.5	0.5
リン、%	0.45	0.45	0.45	0.49
Ca:P 比率	1.11	1.11	1.11	1.02
塩分、%	0.37	0.41	0.44	0.48
脂肪、%	3.66	4.54	4.58	5.04
リジン、%	0.88	0.90	0.92	0.94
SID リジン、%	0.66	0.66	0.66	0.66
メチオニン、%	0.26	0.29	0.32	0.35
SID メチオニン、%	0.23	0.25	0.27	0.29
スレオニン、%	0.57	0.63	0.68	0.74
SID スレオニン、%	0.48	0.51	0.54	0.57
トリプトファン%	0.17	0.18	0.2	0.21
SID トリプトファン、%	0.15	0.14	0.13	0.12

合成アミノ酸の添加および大豆粕使用量の削減

飼料に合成（結晶性）アミノ酸を添加するといくつかのメリットが得られる。飼料中の大豆粕またはその他の高タンパク質原材料の量を減らすことで、過剰な窒素（タンパク質）を抑えながら、豚のアミノ酸要求量を確保し優秀な成績達成に役立てることができる。糞尿からの窒素排泄量およびアンモニア放出を最小限に抑え、特に大豆粕の価格が上昇しているときには、飼料コスト全体を大幅に削減することができる。結晶性リジン、メチオニン、スレオニンおよびトリプトファンの市販製品を低価格で利用することが可能な機会が増加してきたため、SID アミノ酸ベースで飼料設計を行っている限り、飼料から相当量の大豆粕を取り除いても、最も含有量の少ないアミノ酸4種（リジン、メチオニン、スレオニンおよびトリプトファン）の要求量を確保することが可能となっている。

表8に示す大豆粕の量を減らして DDGS を 30% 配合した飼料の大豆粕配合率は、次に（5 番目に）含有量が少ないアミノ酸（イソロイシン）が欠乏しないように、十分な量の大豆粕を配合して決定した。飼料は 45 kg の豚について NRC（1998）が推奨する全ての値以上になるように調製し、その方法は SID アミノ酸ベースとした。

DDGS を高率で配合（>20%）した飼料を給与する場合の課題のひとつは、粗タンパク質対リジンの比率が比較的低いいため、粗タンパク質（窒素）を過剰に供給してしまうことである。粗タンパク質含有率が高すぎる場合には、豚の体内から過剰な窒素を除去するためのエネルギーコストがかかるため、成長成績が劣る可能性がある。DDGS 飼料に合成アミノ酸を添加することによって、タンパク質の過剰量が減少する。実際に、大豆粕の配合率をわずか 2% にまで引き下げ、豚の要求量を満たすために十分量の合成アミノ酸を添加した場合には、粗タンパク質含有率は一般的なトウモロコシ-大豆粕飼料の値を下回った（表8）。



表 8. DDGS を 30%配合し、合成アミノ酸を多量に添加し、大豆粕を減量した飼料の原材料および栄養成分

原材料 kg	対照飼料	大豆粕減量、30% DDGS、合成アミノ酸添加
トウモロコシ	738.5	653.1
大豆粕	238.8	20.0
DDGS	0.0	300
ライムストーン	8.2	12.0
第二リン酸カルシウム	8.0	2.6
塩	3.0	3.0
プレミックス	2.0	2.0
L-リジン	1.5	5.9
L-スレオニン	0.0	0.7
DL-メチオニン	0.0	0.0
L-トリプトファン	0.0	0.7
総量	1000	1000
栄養成分		
粗タンパク質、%	17.6	16.3
豚 ME、Kcal/kg	3,333	3,459
SID リジン、%	0.92	0.84
SID メチオニン、%	0.26	0.26
SID スレオニン、%	0.56	0.52
SID トリプトファン、%	0.18	0.17
SID イソロイシン、%	0.61	0.46
カルシウム、%	0.60	0.58
総リン、%	0.52	0.48
有効リン	0.21	0.26
Ca:P 比率	1.15	1.20

まとめ

DDGS から最大の経済的価値および栄養価値を得るためには、供給源、栄養成分および消化率を知らなければならない。実際に使用する DDGS の栄養成分および選択する飼料設計方法によって、DDGS の相対的な経済的価値および栄養価値は大きく変化する。DDGS に含まれるエネルギー、アミノ酸およびリンの正確な消化率を用いることによって、最善の動物成績の達成に役立てながらも栄養成分の過剰供給を低減し、栄養不足を回避し、飼料コストを削減することができる。

References

- Anderson, P.V., B.J. Kerr, T.E. Weber, C.Z. Ziemer, and G.C. Shurson, 2009. Determination and prediction of energy from chemical analysis of corn co-products fed to finishing pigs. J. Anim. Sci. (submitted) .
- NRC. 1998. Nutrient Requirements of Swine. 9th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, D.C.
- Pedersen, C., M.G. Boersma, and H.H. Stein. 2007. Digestibility of energy and phosphorus in ten samples of distillers dried grains with solubles fed to growing pigs. J. Anim. Sci. 85 (5) :1168-1176.

- Stein, H.H. and G.C. Shurson. 2009. Board invited review: The use and application of distillers dried grains with solubles (DDGS) in swine diets. *J. Anim. Sci.* 87:1292-1303.
- Urriola, P.E. 2005. Distillers Dried Grains with Solubles digestibility, *in vivo* estimation and *in vitro* prediction. M.S. thesis, University of Minnesota.