

26 章: DDGS の評価に対する配合設計の影響

はじめに

本ハンドブックの多くの章で説明しているように、飼料への配合量を最も多くし、飼料費を最小化し、最適な家畜の飼育成績を得るための栄養的および経済的価値が最も大きい DDGS を特定するための最も重要な要因の一つは、入手した DDGS の正確なエネルギー価と可消化栄養成分含量を把握することである。DDGS またはその他の飼料原料のエネルギー価と可消化栄養成分含量を過大に見積もった場合には飼育成績が低下する可能性があり、DDGS の配合量を高めた場合には、発生する可能性がより高くなるため、精密な家畜栄養プログラムには不可欠である。対照的に、DDGS の栄養成分含量を過少評価した場合には、要求量以上の過剰な栄養成分を給与することになり、経済的な価値が過少評価され、栄養成分の排泄量が増加する可能性がある。

DDGS を用いて、精密栄養給餌を行う際に重要なもう一つの要因は、利用可能な最も精度が高い指標を用いて配合設計することである。この章では、これまで使用されてきた様々な飼料設計の方法を要約し、すべての畜種において DDGS を含む飼料の最適な栄養価と経済的価値を得るための推奨方法を示している。

飼料の設計方法

エネルギー、たん白質(アミノ酸)およびリンは、飼料中で最も高価な栄養成分である。様々な畜種用飼料を配合設計する際の精密栄養アプローチが開発されているにも関わらず、一部では時代遅れのアプローチによる設計が行われている。例えば、配合設計の手法は長年にわたって改善されており、CP(粗たん白質)に基づいて豚や家禽用飼料を設計する代わりに、アミノ酸のSID(標準化された回腸消化率)に基づく設計が行われるようになった。さらに、豚用飼料では、ME(代謝エネルギー)価の代わりに NE(正味エネルギー)価を用いると、

DDGS などの繊維含量が多い飼料原料について、真の利用可能なエネルギー価を説明するためのより正確なアプローチとなる。同様に、リンでは STD(標準化された全消化管消化率)の値を使用する方が、豚や家禽において有効リンまたは全リン含量を用いるより正確である。これらの高度なアプローチにより、家畜の真の栄養要求量を充足させる技術が大幅に向上している。

配合設計の手法は、家畜の飼育成績と DDGS の配合可能量に影響を及ぼす。配合設計の目標は、飼料中に含まれる過剰なエネルギー価と栄養成分含量を最小限に抑え、栄養成分の排泄量を最小限に抑えながら、家畜の養分要求量を充足させ、家畜の健康と最適な飼育成績を得ることである。

DE(可消化エネルギー)は、GE(総エネルギー)より飼料中での利用可能なエネルギーを把握するために、より正確であるために使用される頻度が高い。同様に、MEはDEよりも正確な指標であり、NEはさらに優れた指標である。しかし、飼料原料のDE、MEまたはNE価の精度と利用性、これらのエネルギーシステムのいずれかを使用したエネルギー要求量に関する配合設計者の知識と理解のレベルによって、飼料設計方法は大きく異なっている。残念ながら、DDGS のNE価はME価ほど定義されておらず、ME価自体も供給源間で大きく変動する(20章および第23章を参照のこと)。

CPは、飼料または飼料原料の窒素含量の指標であり、飼料原料中のアミノ酸含量、消化率または品質を適切に反映しているわけではない。CPは反芻家畜用飼料を設計する際には使用することが出来るが、豚、家禽および水産養殖動物においては使用は適切ではない。一般的に、ルーメン内で、ルーメン微生物が飼料中の窒素を適切なアミノ酸量とバランスの微生物たん白質に変換するため、CPは反芻家畜用飼料を設計する際には役立つ指標となる。ただし、ルーメン分解性および非分解性た

ん白質含量は、CP よりも反芻家畜の飼料中のたん白質の真の栄養価の正確な指標となる。単胃動物の消化器官にはこのような機能がないため、飼料を通じた必要量の可消化アミノ酸の供給が必要となる。豚、家禽および水産養殖動物では、アミノ酸含量に基づく配合設計は、CP に基づくものより正確性があるが、可消化アミノ酸量に基づいて設計すると、精度がはるかに高くなる。さらに、豚、家禽および水産養殖動物用飼料に DDGS を配合する場合、飼料中のアミノ酸バランスを適切に保つために、リジンに対するメチオニン、スレオニンおよびトリプトファンの比率と量を調整することが重要となる。アミノ酸含量に対するエネルギー量の比率を適切に保つことも重要である。DDGS を配合する際に、可消化アミノ酸の概念を使用することで、たん白質とアミノ酸の過剰摂取のリスクを最小限に抑えながら、飼料費と窒素排泄量を最小限に抑えることが出来る。

同様に、DDGS を含む単胃動物用飼料は、総リンではなく、可消化または利用可能なリンに基づいて設計する必要がある。DDGS に含まれている利用可能なリンの量は比較的高いことを考慮すると、無機リン源の添加量、飼料費およびリンの排泄量を大幅に削減することが出来る。消化可能または利用可能なリンに基づいて DDGS 配合飼料を設計すると、DDGS に含まれる消化可能で利用可能なリンの有効利用につながる。

肉用牛(17章)、乳用牛(19章)、家禽(20章)および豚(23章)における DDGS の正確なエネルギー価と可消化栄養成分含量の概要は、本ハンドブックの他の章で詳述した。さらに、DDGS の豚および家禽における ME 価および可消化アミノ酸量を推定するための予測式も、各章に記載している。それぞれの章では、家畜種の健康と最適な生産性を得るための DDGS を含む飼料を評価するために行われた多数の公表文献における配合例も記載している。DDGS を使用する場合の設計方法の影響を考える上で、多くの例を見ることが出来る。様々な設計基準を用いた場合の比較と、豚の正確な栄養摂取目標を達成する上でこれらの影響を示すために、以下に、豚の飼料設計のいくつかの例を示した。これらの相対的な比較は、他の家畜や家禽にも関連してはいるが、各家畜・家

禽の様々な発育ステージにおけるすべての組み合わせを比較はこの章では省略する。

エネルギー価と可消化アミノ酸含量が豚用飼料における配合設計と DDGS の使用量に及ぼす影響

DDGS の ME 価

ME 価が極端に異なる DDGS のデータは、公表文献 (Pedersen ら、2007 および Anderson ら、2009) から選択した。前者における DDGS の ME 価(乾物)は 4,334 kcal/kg であり、後者は 3,414 kcal/kg だった。両飼料の ME 価は同一とし、アミノ酸の SIDC (SID に基づく可消化量) に基づいて設計した(表 1)。アミノ酸の SIDC は、DDGS の各アミノ酸の SID を測定した *in vivo* 試験のデータ(リジン: 63%、メチオニン: 82%、スレオニン: 71%、トリプトファン: 69%) に基づいた。飼料の栄養レベルは、脂肪を除いた目標赤肉生産量を 325 g/日とした場合の体重 45 kg の豚における NRC (NRC 2012) 要求量とした。低 ME 価の DDGS 配合飼料では、エネルギー要求量を充足させるために動物性油脂を添加した。この比較で用いた 2 つの DDGS の ME 価には大きな差があるため、高 ME 価の DDGS 配合飼料と ME 価を同一とするために、低 ME 価の DDGS 配合飼料には動物性油脂を約 3.8% 配合した。低 ME 価の DDGS 配合飼料に動物性油脂を配合しない場合には、飼料摂取量を増加させない限り、豚のエネルギー要求量を充足させることは恐らく出来ないが、飼料摂取量が増加すれば、飼料効率が低下し、要求量以上のアミノ酸とリンを摂取することになる。このように、エネルギー価が不足する場合には、動物性油脂以外の脂質源を使用することが出来るが、脂肪源に関わらず、低 ME 飼料に脂質を配合すると飼料費が上昇する可能性がある。これらの結果は、使用している DDGS の供給源を知り、ME 価および出来れば DDGS と他の飼料原料の NE 価を正確に推定して、飼料設計におけるエネルギー価を最大にして、飼料費を最小限に抑えることが重要であることを示している。

表 1. ME 価(乾物)が高い(4,334 kcal/kg)と低い(3,414 kcal/kg)DDGS を用いた豚用飼料の配合例

原料 kg	高ME価のDDGS	低ME価のDDGS
トウモロコシ	607.0	569.1
大豆粕	172.5	172.5
高ME DDGS 4,336 kcal/kg	200.0	
Low ME DDGS, 3,414 kcal/kg		200.0
動物性油脂		37.9
炭酸カルシウム	10.0	10.0
リン酸二石灰	4.0	4.0
食塩	3.0	3.0
ビタミンミネラルプレミックス	2.0	2.0
塩酸L-リジン	1.5	1.5
計	1000.0	1000.0
栄養成分組成	高ME価のDDGS	低ME価のDDGS
乾物 %	87.39	84.03
CP (粗たん白質) %	19.54	19.22
ME価 kcal/kg	3526	3526
リジン %	0.83	0.83
メチオニン %	0.30	0.30
トレオニン %	0.59	0.58
トリプトファン %	0.16	0.16
カルシウム %	0.57	0.57
全リン %	0.52	0.51
有効リン %	0.25	0.25
カルシウム：リン	1.10	1.12

DDGS 間のリジン含量と可消化量の変動

前述のように、DDGS の総アミノ酸および可消化アミノ酸含量は供給源によって異なる。使用している DDGS の供給源に対して、正確な可消化アミノ量を使用して配合設計することの重要性を示すために、DDGS を 10% 配合した 3 種類の成長期の豚用飼料を設計した(表 2)。DDGS は、Uriola (2005) による報告から得られたリジンの SIDC に基づいた。リジン含量は 0.76~1.02% の範囲で、リジンの SIDC は 0.47~0.67% の範囲だった。飼料は、これら 3 種類の DDGS を、それぞれ 10% (非常に保守的な飼料配合割合) 配合し、各飼料の SIDC リジン量が 0.66% となるように設計した(表 3)。DDGS の配合割合を高めると、飼料への DDGS 由来の可消化アミノ酸の割合が高まるため、アミノ酸の SIDC の精度の重要性はより高くなる。これらの結果は、DDGS を一定の配合割合

(10%) としたままで、リジンの SIDC が低い DDGS の代わりにリジンの SIDC が高い DDGS を用いると、トウモロコシと大豆粕の配合量を減らすことが出来ることを示している。したがって、トウモロコシ、大豆粕および DDGS の相対的な価格差に応じて、リジンの SIDC が高い DDGS を豚用飼料に配合すると、通常、飼料費が削減できる。

飼料の設計方法が豚用飼料の組成と DDGS の使用量に及ぼす影響

CP 含量に基づく設計

数十年前には、米国の豚用飼料は CP に基づいて設計されていた。これは、各発育ステージにおける総アミノ酸および可消化アミノ酸の要求量が十分に確立されて

表 2. DDGS 3 試料のリジン、メチオニン、スレオニンおよびトリプトファン含量および SID (標準化された回腸消化率)

栄養成分	低SIDリジン	平均的SIDリジン	高SIDリジン
ME価 kcal/kg	3,834	3,893	3,838
CP (粗たん白質) %	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
トレオニン %	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トレオニン %	0.79	0.80	0.87
SIDトリプトファン %	0.17	0.20	0.20

表 3. SID リジン含量が異なる DDGS を用いた豚用飼料の配合例

原料 kg	低SIDリジン	平均的SIDリジン	高SIDリジン
トウモロコシ	708.1	713.2	715.9
大豆粕 CP47%	172.7	167.5	164.8
DDGS	100.0	100.0	100.0
リン酸二石灰	3.0	3.1	3.2
炭酸カルシウム	9.7	9.7	9.7
食塩	3.0	3.0	3.0
ビタミンミネラルプレミックス	2.0	2.0	2.0
塩酸L-リジン	1.5	1.5	1.5
計	1,000	1,000	1,000
栄養成分組成			
CP (粗たん白質) %	17.03	16.94	17.11
ME価 kcal/kg	3,416	3,422	3,416
カルシウム %	0.50	0.50	0.50
リン %	0.45	0.45	0.45
カルシウム：リン	1.11	1.11	1.11
食塩 %	0.36	0.36	0.36
粗脂肪 %	4.34	4.26	4.24
リジン %	0.90	0.90	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
トレオニン %	0.63	0.62	0.63
SIDトレオニン %	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

表 4. DDGS を 0、10 および 20% 配合した CP(粗たん白質)16% の育成豚用飼料の配合例

原料 kg	DDGS 0%	DDGS 10%	DDGS 20%
トウモロコシ	783.5	733.8	684.2
大豆粕 CP47%	196.7	147.1	97.4
DDGS	0.0	100.0	200.0
リン酸二石灰	5.1	3.6	2.0
炭酸カルシウム	8.2	9.0	9.9
食塩	3.0	3.0	3.0
塩酸L-リジン	1.5	1.5	1.5
ビタミンミネラルプレミックス	2.0	2.0	2.0
計	1000.0	1000.0	1000.0
栄養成分組成			
CP (粗たん白質) %	16.0	16.0	16.0
ME価 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
トレオニン %	0.59	0.58	0.57
トリプトファン %	0.18	0.16	0.15
カルシウム %	0.50	0.50	0.50
リン %	0.45	0.45	0.45
カルシウム：リン	1.11	1.11	1.11
食塩 %	0.37	0.41	0.44
粗脂肪 %	3.65	4.14	4.64

おらず、飼料原料の総アミノ酸および可消化アミノ酸含量が測定されていなかったためである。しかし、特定のアミノ酸の要求量が決められたことで、総アミノ酸含量に基づいた飼料設計が始まり、豚の要求量を充足させる精度が向上した。その後の研究により、可消化アミノ酸含量は、原料間および同一原料内で異なることが明らかになった。以後、豚の可消化アミノ酸の要求量と原料中の可消化アミノ酸含量を測定するための数多くの研究が行われ、豚の精密栄養がさらに改善された。今日、最も正確な飼料の設計方法は、アミノ酸の SIDC に基づくものである。アミノ酸の SIDC の使用は、アミノ酸の AID(見かけの回腸消化率)を使用するよりも正確である。これは、SIDC は、アミノ酸の内因性の損失を考慮しているためである。DDGS を配合する際に、アミノ酸の SIDC を利用して配合設計すると、豚用飼料の栄養的および経済的な価値を最適化するだけでなく、最適な飼育成績を得る

ことが出来る。

CP に基づいて DDGS を配合した豚用飼料を設計する際に起こる可能性がある問題を示すために、体重 50 kg の豚の CP 要求量(16%)を充足させた DDGS 配合飼料(DDGS の配合割合:0、10 および 20%)を設計した(表 4)。DDGS の配合割合を 10%とすると、アミノ酸を含む栄養要求量のすべてを充足させることが出来る。しかし、配合量を 20%に高めると、塩酸 L-リジンを 0.15%添加しても、総リジン要求量(0.75%)を充足させることは出来ない。豚に対して、この飼料を給与すると、DDGS を含まない、あるいは、10%配合した飼料に比べて増体量と飼料効率が低下する。

アミノ酸含量に基づく設計

豚用飼料をアミノ酸含量に基づいて設計した場合に起こり得る問題を示すために、体重 50 kg の豚の養分要求量を充足させた 4 種類の飼料(DDGS を含まない飼料、

表 5. リジン含量に基づいて設計した DDGS を 0、10 および 20% 配合した豚用飼料の配合例

原料 kg	DDGS 0%	DDGS 10%	DDGS 20%	調製した DDGS 20%
トウモロコシ	796.5	757.5	635.4	610.9
大豆粕 CP47%	183.4	123.0	147.1	170.3
DDGS	0.0	100.0	200.0	200.0
リン酸二石灰	5.4	4.1	0.9	0.9
炭酸カルシウム	8.1	9.0	10.0	9.9
食塩	3.0	3.0	3.0	3.0
ビタミンミネラルプレミックス	2.0	2.0	2.0	2.0
塩酸L-リジン	1.5	1.5	1.5	1.5
L-トリプトファン	0.0	0.0	0.0	1.5
計	1,000	1,000	1,000	1,000
栄養成分組成				
CP (粗たん白質) %	15.5	15.1	18.0	19.0
ME価 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
トレオニン %	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
カルシウム：リン	1.11	1.11	1.11	1.09
食塩 %	0.37	0.41	0.44	0.44
粗脂肪 %	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トレオニン %	0.49	0.44	0.51	0.54
SIDトリプトファン %	0.15	0.11	0.12	0.13

DDGS を 10 および 20% 配合した飼料、DDGS を 20% 配合し、結晶アミノ酸を添加した飼料) をアミノ酸含量に基づいて設計した(表 5)。DDGS の配合量を 20% に高めると、CP 含量も増加することには注意が必要である。各飼料は、NRC による総リジン、メチオニン、トレオニンおよびトリプトファン要求量を充足あるいは超過していたが、アミノ酸の消化率は考慮されていないため、DDGS 10 および 20% 配合飼料ではリジンとトリプトファンの SIDC 要求量を充足していなかった(表 5)。しかし、DDGS を 20% 配合した飼料に L-トリプトファンを添加し、さらに大豆粕の配合量を高めると、リジンおよびトリプトファンの SIDC 要

求量を充足させることが出来た

アミノ酸の SID に基づく設計

現在、米国の豚用飼料はアミノ酸の SID に基づいて設計されている。この設計方法により、豚の栄養要求量に対して高い精度で対応することが出来、使用している原料のアミノ酸の SID がわかっているならば、豚の飼育成績を損なうことなく、DDGS の高い配合割合(最大 40%)で使用する事が出来る。表 6 に示すように、アミノ酸の SIDC に基づいて設計された DDGS を最大 30% 配合した各飼料は、体重 50 kg の豚におけるリジンの SIDC (0.66%) を充足し、メチオニン、トレオニン、トリプトファンの SIDC を

表 6. SID リジンに基づいて設計した DDGS を 0、10、20 および 30% 配合した豚用飼料の配合例

原料 kg	DDGS 0%	DDGS 10%	DDGS 20%	DDGS 30%
トウモロコシ	795.9	746.3	672.1	586.4
大豆粕 CP47%	184.0	134.4	109.8	96.6
DDGS	0.0	100.0	200.0	300.0
リン酸二石灰	5.4	3.9	1.7	0.0
炭酸カルシウム	8.2	9.0	9.9	10.5
食塩	3.0	3.0	3.0	3.0
ビタミンミネラルプレミックス	2.0	2.0	2.0	2.0
塩酸L-リジン	1.5	1.5	1.5	1.5
計	1,000	1,000	1,000	1,000
栄養成分組成				
CP (粗たん白質) %	15.48	17.17	18.86	20.55
ME価 kcal/kg	3,371	3,317	3,262	3,205
カルシウム %	0.50	0.50	0.50	0.50
リン %	0.45	0.45	0.45	0.49
カルシウム：リン	1.11	1.11	1.11	1.02
食塩 %	0.37	0.41	0.44	0.48
粗脂肪 %	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
トレオニン %	0.57	0.63	0.68	0.74
SIDトレオニン %	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

含む他のすべての栄養要求量を充足している。これらの飼料では、塩酸 L-リジンを 0.15% 添加している以外に、結晶アミノ酸は添加していないが、結晶トレオニンとトリプトファンを追加添加すれば、DDGS をより多く配合できる。これらの結果は、DDGS を 30% まで配合した豚用飼料を用いて、優れた発育成績と枝肉の成分組成を得るためには、可消化アミノ酸要求量を満たすようにアミノ酸の SIDC に基づいて飼料設計する必要がある。

結晶アミノ酸の利用と大豆粕配合量の低減

現在米国で使用されている多くの育成期～肥育期の豚用飼料に DDGS を配合する場合、飼料の NE 価を高めるためにかなりの量の大豆粕と置換しており、比較的多

量の結晶アミノ酸を添加している。トウモロコシ DDGS は、大豆粕よりも NE 価が高く、これまで、主なエネルギー源とアミノ酸源として使用されてきたトウモロコシと大豆粕よりも安価である事例が多くみられる。しかし、アミノ酸の SIDC に基づいた配合設計が必須である。結晶アミノ酸の添加にはいくつかの利点がある。一つ目の利点は、可消化アミノ酸の要求量を満たし、発育成績を最適にしつつ、飼料中の大豆粕やその他の高たん白質原料の配合量を減らすことで、過剰な窒素(たん白質)を減らす。二つ目の利点は、結晶アミノ酸を使用すると、DDGS を配合した飼料を給与した際の窒素排泄量と排泄物からのアンモニア排出が最小限に抑えることが出来、特に大豆粕の価格が高い時には、飼料費を大幅に節減できる

表 7. 結晶アミノ酸の添加量を高め、大豆粕配合量を減じた DDGS 30%配合飼料の配合例

原料 kg	対照	結晶アミノ酸添加量を高め、大豆粕を減じたDDGS 30%配合飼料
トウモロコシ	738.5	653.1
大豆粕	238.8	20.0
DDGS	0.0	300.0
炭酸カルシウム	8.2	12.0
リン酸二石灰	8.0	2.6
食塩	3.0	3.0
プレミックス	2.0	2.0
L-リジン	1.5	5.9
L-トレオニン	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
計	1,000	1,000
栄養成分組成		
CP (粗たん白質) %	17.6	16.3
ME価 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トレオニン %	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
全リン %	0.52	0.48
有効リン %	0.21	0.26
カルシウム：リン	1.15	1.20

ことが出来る。したがって、結晶リジン、メチオニン、トレオニンおよびトリプトファンの価格がリーズナブルであるために利用しやすくなっていることもあり、大豆粕の配合量を低くすることが出来る。

DDGS 30%配合飼料における大豆粕の配合量を減らすため設計例を表 7 に示した。この設計では、大豆粕の配合量は、第 5 制限アミノ酸であるイソロイシン含量に基づいて決定した。飼料は、体重 45 kg の豚のすべての NRC 要求量を充足あるいは超過するように、アミノ酸の SIDC] に基づいて設計した。DDGS の配合割合が高い (20% を超える) 飼料を給与する際の課題の一つは、DDGS は CP とリジンの比率が比較的高いため、CP (窒素) の供給量が過剰となる点である。豚用飼料において、CP 含量が高すぎる場合、脱アミノ化と過剰な窒素排泄に要するエネルギーの必要量が高まるため、発育

成績が低下する可能性がある。DDGS を配合した飼料に結晶アミノ酸を追加することで、たん白質の過剰な供給が削減される。実際、大豆粕の配合量を 2% 減らし、豚の要求量を満たすのに十分な結晶アミノ酸を添加することで、飼料の CP 含量は、典型的なトウモロコシ・大豆粕主体飼料より低かった (表 7)。

結論

DDGS を使用することにより、最高の経済的および栄養的效果を得るためには、DDGS の供給源、栄養成分含量および消化率を把握する必要がある。使用する DDGS の栄養成分組成および選択した設計方法により、DDGS の相対的な経済的および栄養的価値は大幅に異なる。DDGS の正確なエネルギー価と、アミノ酸およびリンの消化率を用いて飼料設計を行うと、栄養成分の過剰な給

与を減らし、栄養成分の不足を回避し、最適な家畜の飼育成績を保ちながら飼料費を節減できる。

引用文献

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. 2012. Nutrient Requirements of Swine. 10th Revised

Edition, Natl. Acad. Press, Washington, DC.

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.

Urriola, P.E. 2005. Distillers Dried Grains with Solubles

digestibility, in vivo estimation and in vitro prediction.

Master's thesis, University of Minnesota.