

第 4 章

豚および家禽に給与する場合のジスチラーズコーンオイルの化学組成とエネルギー価

序説

ジスチラーズコーンオイル(DCO)は高品質エネルギー源として主として家禽および豚の飼料に用いられているが、これは代謝エネルギー(ME)価が高く、他の油脂類より比較的低価格であるためである。DCOの市場価格は米国の油脂市場のイエローグリースの価格と密接に関連しているが、DCOのME価はイエローグリースの値を大幅に上回り、大豆油のME価に匹敵する。米国の家禽・豚産業の市場セグメントの中には、マーケティング戦略の一環として、特定の消費者需要を満たすために「植物主体」(植物油を含む)飼料のみを給与して鶏や豚を生産することを選択しているところがある。さらに、2013年に米国でPorcine Epidemic Diarrhea ウィルスが大発生したため、多くの獣医や栄養専門家が豚用飼料(例えば、精選ホワイトグリース、動物性副産物タンパク質ミール)への動物(豚)由来飼料原料の配合を避け、植物主体原材料(例えば、トウモロコシ、大豆粕、ジスチラーズ・ドライド・グレイン・ウィズ・ソリュブル(DDGS)、ジスチラーズコーンオイル)だけを使用するようになり、飼料原料に存在している可能性のあるこのウイルスやその他の病原体が飼育場に伝染するリスクを低減しようとした。ところが、ジスチラーズコーンオイルは豚肉脂肪のしまりを低下させるため、一般に、豚用飼料に高濃度のジスチラーズコーンオイルを使用するのは幼齢期から生育期初期までに制限されている。枝肉脂肪のしまりが低下すると、豚脇腹肉をベーコンに加工する時の歩留まりが減少し、日本輸出市場での豚肉品質に対するアクセプタビリティが低下する。ただし、米国では、DDGSまたはDCOを高配合して給与する場合の豚肉脂肪のしまりの低下を予防する効果的な方法として、GRAS(一般に安全と認められる)承認を受けた商用飼料添加物(アイオワ州メーソンシティ所在 Nutriquest社のLipinate™)を使用することができる。

DCOの生産量の増加、高いME価、競争力のある価格を踏まえ、DCOの動物飼料への使用について米国飼料検査官協会は正式な定義を定め承認した(2017年)。

「33.10 ___ 飼料グレードのジスチラーズオイルは酵母発酵した穀物または穀物ミックスを蒸留し、エチルアルコールを除去した後、エタノール生産業界で採用されている方法を用いて機械的にまたは溶媒を用いて抽出して得られる。ジスチラーズオイルは主に脂肪酸のグリセドエステルから成り、添加された遊離脂肪酸等の脂肪由来物質を含まない。含有する総脂肪酸が85パーセント以上、不飽和物が2.5パーセント以下、不溶性不純物が1パーセント以下であることが保証されていない。遊離脂肪酸および水分の最大値が保証されていない。抗酸化物質が

使用されている場合には、一般名または通称名を、「保存料として使用」の文言とともに記載しなければならない。「トウモロコシ、ソルガム、大麦、ライ麦」といった使用材料の種類を表す製品名である場合には、その製品名の最初の単語が主原料と謳われている穀物に対応することが求められる」(2015年提案、2016年採用、改訂1)

2016年に正式に採用されたこの定義では必要とされる保証分析が指定されており、またこの定義は米国産エタノールプラントの大半が採用している遠心分離プロセスとは異なるプロセスである溶媒抽出により加工されるコーンオイルにも適用される。脱油トウモロコシによるDDGSの現在の生産量はごくわずかであるが、懸案のこの新しい併産物についてのAAFCOの定義は以下のように提案されている。

「T27.9 ___ 溶媒抽出による脱油トウモロコシによるジスチラーズ・ドライド・グレイン・ウィズ・ソリュブルは、トウモロコシのジスチラーズ・ドライド・グレイン・ウィズ・ソリュブル(DDGS)から溶媒抽出により油分を抜き出した製品で、粗脂肪が現物給与ベースで3パーセント未満のものである。この製品はタンパク質源とすることが意図されている。製品表示には粗タンパク質の保証最低値と硫黄の保証最大値が含まれていなければならない。製造飼料の成分として記載されている場合には「溶媒抽出」という表示は求めない」(2015年提案)

ジスチラーズコーンオイルの化学組成

ジスチラーズコーンオイルを精製コーンオイルと比較した場合の顕著な差の一つは、DCO源には含まれる遊離脂肪酸が多いということであり(表1)、その幅は2パーセント未満から18パーセントにまで及ぶことがある。各種飼料の脂質を評価した過去の研究から、豚および家禽に給与した場合、含有する遊離脂肪酸が増加するとME価が減少することが分かっており、これがDE(豚)およびAME_n(家禽)予測式の開発につながった(Wisemanら、1998年)。コーンオイルは比較的ポリ不飽和酸(PUFA)の含有率が高く、特にオレイン酸(9c-18:1; 総脂質の28~30パーセント)およびリノール酸(18:2n-6; 総脂質の53~55パーセント)の含有率が高いという点で、その他の脂質源と異なる。植物油のPUFA含有量は動物脂肪の値を上回るため、植物油のME価は高い(Kerrら、2015年)。その結果としてDCOはすべての飼料油脂の中で最もME価が高いものの一つとなっているが、同時に過酸化の影響をより受けやすいことになる(Kerrら、2015年; Shursonら、2015年; Hansonら、2015年)。過酸化脂質を豚およ

びブロイラーに給与すると、生育速度、飼料摂取量および増体効率が低下し(Hungら、2017年)、高過酸化コーンオイルを給与すると、幼豚のエネルギー利用効率および抗酸化状態が低下することが明らかになっている(Hansonら、2016年)。しかしながら、市販の抗酸化剤をジステラースコーンオイルに添加すると、高温多湿条件下

で保管されるDCOの過酸化を最小限に抑えることができる(Hansonら、2015年)。DCOの過酸化の程度(過酸化物価、アニシジン価およびヘキサナール)は精製コーンオイルを幾分上回るが、生育成績の低下が観察されたHansonら(2016年)による試験において幼豚に給与された過酸化コーンオイルの値を大幅に下回っている。

表 1. 精製コーンオイルと各種ジステラースコーンオイル(DCO)の化学組成と過酸化測定(出典:Kerrら、2016年)

測定	精製コーンオイル	DCO (4.9% FFA ¹)	DCO (12.8% FFA)	DCO (13.9% FFA)
水分 (%)	0.02	1.40	2.19	1.19
不溶性物質 (%)	0.78	0.40	1.08	0.97
不鹸化物 (%)	0.73	0.11	0.67	0.09
粗脂肪 (%)	99.68	99.62	98.96	99.63
遊離脂肪酸 (%)	0.04	4.9	12.8	13.9
総脂肪中の脂肪酸の割合 (%)				
パルミチン酸 (16:0)	11.39	13.20	11.87	13.20
パルミトレイン酸 (9c-16:1)	0.10	0.11	0.11	0.11
マルガリン酸 (17:0)	0.07	0.07	0.07	0.07
ステアリン酸 (18:0)	1.83	1.97	1.95	1.97
オレイン酸 (9c-18:1)	29.90	28.26	28.92	28.26
リノール酸 (18:2n-6)	54.57	53.11	54.91	53.11
リノレン酸 (18:3n-3)	0.97	1.32	1.23	1.32
ノナデカノン酸 (19:0)	ND ¹	0.65	0.65	0.65
アラキン酸 (20:0)	0.40	0.39	0.39	0.39
ゴンド酸 (20:1n-9)	0.25	0.24	0.24	0.24
ベヘン酸 (22:0)	0.13	0.13	0.12	0.13
リグノセリン酸 (24:0)	0.17	0.19	0.18	0.19
その他の脂肪酸	0.21	0.41	ND	0.41
過酸化測定				
過酸化物価 (MEq/kg)	1.9	2.9	3.3	2.0
アニシジン価 ³	17.6	80.9	70.3	73.3
ヘキサナール	2.3	4.4	3.9	4.9

¹ FFA = 遊離脂肪酸

² ND = 検出不能

³ アニシジン価の単位なし

表 2 は 2 種類の DCO と一般的な飼料脂質(すなわち、精選ホワイトグリース、パーム油および大豆油)の化学組成と過酸化指標を比較したものである。精選ホワイトグリース(精製された豚脂肪)は主としてオレイン酸 (9c-18:1)、パルミチン酸 (16:0)、ステアリン酸(18:0)から構成され、その結果として、DCO と比較した場合、この脂質源は飽和脂肪源と分類される。一般に動物の飽和脂肪(すなわち、精選ホワイトグリース)は不飽和脂肪の多い植物油(すなわち、ジスチラーズコーンオイル)よりも ME 価が低い。加えて、精選ホワイトグリースは飽和脂肪酸の割合が高いため、DCO よりも脂質過酸化の影響を受けにくい。精製中に用いられる温度と加熱時間によって DCO と同程度の過酸化量になることがある(表 2)。パーム油の脂肪酸の中で多いのはパルミチン酸 (16:0) とオレイン酸 (9c-18:1) で、リノール酸の含有率(9.85 パーセント)は DCO (56 パーセント)を大きく下回っている。その結果、油安定性指標(OSI)の値の高さから分かるように、DCO、精選ホワイトグリースや大豆油と比較して、パーム油は過酸化への耐性が高い(表 2)。対照的に、大豆油の脂肪酸組成は DCO と類似しており、リノール酸の含有率(53 パーセント)が高く、オレイン酸(23 パーセント)とパルミチン酸(11 パーセント)の含有率は中程度である。ところが大豆油は DCO とは異なり、リノレン酸 (18:3n-3) の含有率が

比較的高く、リノレン酸の化学構造中の二重結合がリノール酸よりも多いため、理論的に DCO よりも過酸化の影響を受け易いと考えられる。驚くことに、表 2 の大豆油は、アニジジン価や 2, 4-デカジエナルで計った場合に、アルデヒド(過酸化生成物)含有量が、DCO、精選ホワイトグリースおよびパーム油の値を下回る。DOC を精選ホワイトグリース、パーム油および大豆油と比較した場合の化学組成上の他の 2 つの特徴は、総トコフェロールの含有量(626~730mg/kg)とキサントフィルの含有量(92~175 mg/kg)が比較的高いことである(表 2)。大豆油だけが DCO の総トコフェロール含有量を上回るが、大豆油は基本的にキサントフィルを欠いている。トコフェロールとカロチノイド(キサントフィル)は強力な抗酸化物質で、併産物生産過程の熱に曝される間に発生するさらに強大な過酸化を防ぐのに効果的である。さらに言えば、DDGS に含まれるコーンオイルのこうした化合物の含有率が比較的高いことは、過酸化の進んだ DDGS を幼豚に給与する時の酸化ストレスを最小限に抑える上で役立つと考えられる(Song ら、2013 年)。DCO に含まれる豊富なキサントフィルは、「付加価値」的な要素であり、ブロイラーの皮膚の色や黄身を望ましい色にするための合成色素を一部代替するものとしてブロイラーや産卵鶏用飼料に配合することを促す誘因にもなる。

表 2. ジスチラーズコーンオイル(DCO)、精選ホワイトグース(CWG)、パーム油(PO)および大豆油(SO)の化学組成と過酸化測定 (Lindblom ら、2017 年に基づく)

測定	DCO (4.5 % FFA)	DCO (10 % FFA ¹)	CWG	PO	SO
水分 (%)	0.68	0.54	0.24	0.02	0.02
不溶性物質 (%)	0.18	0.04	0.22	0.02	0.02
不鹸化物 (%)	1.53	1.86	0.63	0.21	0.33
粗脂肪 (%)	98.7	98.2	98.3	98.6	98.5
遊離脂肪酸 (%)	4.5	10.0	13.4	0.07	0.04
総脂肪中の脂肪酸の割合 (%)					
カプリン酸 (10:0)	ND ²	ND	0.07	ND	ND
ラウリン酸 (12:0)	ND	ND	ND	0.22	ND
ミリスチン酸 (14:0)	ND	ND	1.28	0.99	ND
ペンタデカン酸 (15:0)	ND	ND	ND	0.04	ND
パルミチン酸 (16:0)	12.86	12.88	23.25	43.41	10.74
パルミトレイン酸 (9c-16:1)	0.10	0.10	2.44	0.15	0.08
マルガリン酸 (17:0)	ND	ND	0.33	0.10	0.09
ステアリン酸 (18:0)	1.76	1.73	12.54	4.38	4.20
オレイン酸 (9c-18:1)	26.95	26.56	41.38	39.90	23.08
リノール酸 (18:2n-6)	55.88	56.50	16.52	9.85	53.19

表 2. ジステラーズコーンオイル(DCO)、精選ホワイトグース(CWG)、パーム油(PO)および大豆油(SO)の化学組成と過酸化測定 (出典:Lindblom ら、2017)

総脂肪中の脂肪酸の割合 (%)	DCO (4.5 % FFA)	DCO (10 % FFA ¹)	CWG	PO	SO
リノレン酸 (18:3n-3)	1.26	1.26	0.55	0.22	7.28
ノナデカノン酸 (19:0)	0.10	ND	ND	ND	0.31
アラキシン酸 (20:0)	0.39	0.38	0.19	0.37	0.33
ガドレイン酸 (20:1)	0.28	0.25	0.80	0.14	0.20
エイコサジエン酸 (20:2)	ND	ND	0.74	ND	ND
ホモ γ リノール酸 (20:3)	ND	ND	0.11	ND	ND
アラキドン酸 (20:4)	ND	ND	0.30	ND	ND
ベヘン酸 (22:0)	0.12	0.14	ND	0.07	0.35
ドコサトリエン酸 (22:3)	ND	ND	0.14	ND	ND
ドコサテトラエン酸 (22:4)	0.12	ND	ND	ND	ND
ドコサペンタエン酸 (22:5)	0.18	0.19	ND	ND	ND
その他の脂肪酸	ND	ND	ND	0.15	0.16
遊離グリセリン (%)	0.85	0.53	0.58	0.74	0.31
総トコフェロール (mg/kg)	730	626	253	67	1,083
アルファ	51	62	50	67	77
ベータ	15	15	<10	<10	< 10
デルタ	29	15	< 10	< 10	< 10
ガンマ	635	534	203	< 10	817
キサントフィル (mg/kg)	92	175	< 1	< 1	< 1

過酸化測定

過酸化物価 (MEq/kg)	1.4	0.4	0.4	1.2	1.6
アニシジン価 ³	30.76	21.47	23.26	11.22	5.87
2, 4-デカジエナル (mg/kg)	26.4	ND	17.6	ND	6.2
ヘキサナル (μ g/g)	ND	ND	14.7	ND	ND
OSI ⁴ 、110°C での時間 (h)	5.15	10.75	4.15	30.05	6.35
酸化脂肪酸 (%)	1.6	0.9	2.2	1.2	1.4
極性化合物 (%)	9.38	9.55	20.53	7.40	3.46
TBA ^{3,5} 価	0.04	0.03	0.03	0.01	0.06

¹ FFA = 遊離脂肪酸

³ アニシジン価または TBA 価の単位なし

⁴ OSI = 油安定性指標

⁵ TBA = チオバルビツル酸

豚に給与する場合の各種ジステラズコーンオイルの可消化エネルギーおよび代謝エネルギーの実際値と予測値

豚に給与する場合の DCO に含まれる可消化エネルギー (DE) 価と ME 価を測定するための試験がこれまで 2 件行われている。最初の試験は精製コーンオイル (0.04 パーセント FFA)、FFA 含有率が 4.9~13.9 パーセントの 3 種類の市販 DCO、および人工的に生産された高 FFA コーンオイル (93.8 パーセント) の DE 価および ME 価を測定し、FFA 含有率が各 DCO の ME 価に及ぼす影響を見極めることを目的として、Kerr ら (2016 年) が実施した。表 3 に示すように、DCO サンプルの ME 価の範囲は 8,036 ~8,828 kcal/kg で、FFA 含有率が 4.9 パーセントの DCO サンプルは精製コーンオイルと同程度の ME 価である。精製コーンオイルの ME 価 (8,741 kcal/kg)、4.9 パーセント FFA DCO (8,691 kcal/kg) と 13.9 パーセントの FFA DCO (8,397 kcal/kg) は NRC (2012 年) で報告されているコーンオイルの値である 8,570 kcal/kg とほぼ同じである。驚くことに、すべてのコーンオイルの中で、93.8 パーセント FFA のコーンオイルの GE 価は最も低いが、DE 価および ME 価は最も高い。12.8 パーセントの FFA DCO はすべてのサンプルの中で ME 価が最も低いが、これを除くと FFA の含有率が DCO に含まれる DE および ME に及ぼす決定的な影響はみられない。

これに続く試験で、Lindblom ら (2017 年) は 2 種類の DCO (FFA が 4.5 パーセントと 10 パーセント) の DE 価および ME 価を測定し、これらの値を市販の精選ホワイトグリース、パーム油および大豆油と比較した (表 4)。いずれの DCO サンプルの ME 価も Kerr ら (2016 年) が評価した 3 種類の DCO (8,397~8,691 kcal/kg) のうちの 2 つの値を大幅に下回った (7,921 と 7,955 kcal/kg)。これら 2 件の試験の間で各種 DCO の ME 価に違いが出る理由は明らかではないが、これらの結果は、豚に給与する場合、DCO の FFA 含有率が ME 価に影響を及ぼすことは考えられないとする判断の更なる裏付けとなった。精選ホワイトグリースの ME 価 (8,535 kcal/kg) は両 DCO サンプルの ME 価を上回り、NRC (2012 年) の値である 8,124 kcal/kg も上回っていることも意外である。以前から不飽和脂質源の脂質含有率が飽和脂肪源の値を上回ること十分に立証されている (NRC、2012 年)。しかしながら、米国では生育-仕上期の豚に DDGS を高配合した飼料を給与することが広まっているが、これがこうした豚の枝肉から得られた精選ホワイトグリースに含まれる不飽和脂肪酸の増加傾向という結果に結びついている可能性がある。この精選ホワイトグリースのリノール酸含有率 (16 パーセント) が NRC (2012 年) の報告によるリノール酸含

有率 (11.6 パーセント) を上回っていることから裏付けられる。さらに、この精選ホワイトグリースでは、パルミチン酸 (23 パーセント) が NRC (2012 年) のパルミチン酸の報告値である 26 パーセントをわずかに下回っている。また、Lindblom ら (2017 年) が評価した大豆油の ME 価 (9,408 kcal/kg) は NRC (2012 年) の報告値である 8,574 kcal/kg を大きく上回っている。こうした結果は、参考データベースの統計値を用いる場合、飼料中の油脂の ME 価を過大評価あるいは過小評価する恐れがあることを示している。



Kerr ら (2016 年) は、Wisemann ら (1998 年) が開発した予測式の使用上の精度を評価し、各 DCO 源の DE 価を予測して、広く用いられている予測式が DCO 源に適用できるかどうかを見極め、DCO 製品間でばらつきのある FFA 組成に基づき、よりダイナミックで正確な DE 価の予測値を提供した (表 3)。Wiseman ら (1998 年) の数式では、DE 価を評価するために、FFA 含有率、不飽和/飽和脂肪酸比率および豚の年齢を用いている。残念ながら、こうした数式を用いて得られる結果は、精製コーンオイル、12.8 パーセントおよび 13.9 パーセントの FFA DCO では 4.9 パーセント FFA DCO の予測 DE 価と同程度になり、DE 価が過大に見積もられ、試験的に生産した高 FFA DCO では DE 価が大幅に過小評価 (1,146 kcal/kg) されることを示している。こうした結果は、Wiseman ら (1998 年) の数式が豚に給与する場合の DCO の DE 価を評価するために必要な精度に欠けるため、DCO 専用の新しい予測式の開発が必要であることを示唆している。

表 3. 幼豚に給与する場合の DCO に含まれる DE および ME の実際値と予測値(出典: Kerr ら、2016 年)

測定	精製 コーンオイル	DCO (4.9 % FFA ¹)	DCO (12.8 % FFA)	DCO (13.9 % FFA)	DCO (93.8 % FFA)
GE (kcal/kg)	9,423	9,395	9,263	9,374	9,156
DE (kcal/kg)	8,814 ^a	8,828 ^a	8,036 ^b	8,465 ^{ab}	8,921 ^a
ME (kcal/kg)	8,741 ^a	8,691 ^a	7,976 ^b	8,397 ^{ab}	8,794 ^a
EE ² 可消化率 (%)	93.2	94.0	91.7	95.0	92.7
UFA: SFA ³	6.13	5.00	5.61	5.00	4.81
予測 DE ⁴ (kcal/kg)	8,972	8,848	8,794	8,741	7,775
DE の実際値と予測値の差 (kcal/kg)	-158	-20	-758	-276	+1,146

^{ab}は同一列の異なる上付き文字は差のあることを示す (Pは0.05未満)。

¹ FFA = 遊離脂肪酸

² EE = エーテル抽出物

³ UFA = 不飽和脂肪酸、SFA = 飽和脂肪酸

⁴ 予測式は Wisemann ら (1998 年) から得られた若齢豚 (DE) に基づく

表 4. 幼豚に給与する場合のジステラーズコーンオイル(DCO)、精選ホワイトグリース(CWG)、パーム油(PO)および大豆油(SO)のエネルギー価と(EE)エーテル抽出物(EE)消化率 (出典: Lindblom ら、2017 年)

測定	DCO (4.5 % FFA)	DCO (10 % FFA ¹)	CWG	PO	SO
GE (kcal/kg)	9,392	9,395	9,365	9,419	9,419
DE (kcal/kg)	8,001 ^b	8,052 ^b	8,531 ^b	8,293 ^b	9,388 ^a
ME (kcal/kg)	7,921 ^b	7,955 ^b	8,535 ^b	8,350 ^b	9,408 ^a
EE ² 可消化率%	84.6 ^b	85.6 ^a	85.5 ^a	84.4 ^b	85.1 ^{ab}

^{ab}は同一列の異なる上付き文字は差のあることを示す (P は 0.05 未満)。

¹ FFA = 遊離脂肪酸

² EE = エーテル抽出物

ブロイラーに給与する場合のジステラーズコーンオイルに含まれる代謝エネルギーの実際値と予測値

これまで家禽に給与する場合のジステラーズコーンオイルの AME_n 含有量を測定する試験は 1 件のみ実施されている。Kerr ら (2016 年) は、精製コーンオイル (0.04 パーセント FFA) および豚の試験で用いられたものと同じ市販の FFA 含有率が 4.9~13.9 パーセントの DCO 3 種類と、人工的に作り出した高 FFA (93.8 パーセント) コーンオイルについて、含有する AME_n 値を測定した。表 5 に示すように、各 DCO の AME_n 含有量は 7,694~8,036 kcal/kg とほとんどばらつきがなく、精製コーンオイル (8,072 kcal/kg) の AME_n 含有量とも変わらない。ところが、こうした値は NRC (1994 年) に報告された精製コーンオイルの AME_n 値 (9,639~10,811 kcal/kg) を大幅に下回っている。豚の場合の反応とは異なり、他のコーンオイルに含まれる AME_n と比較して、93.8 パーセントの FFA DCO の給与は AME_n 値の大幅な低下 (6,276 kcal/kg) に結びつく結果となるのは興味深い。この試験的に作成した高 FFA コーンオイルを給与した場合に、ブロイラーの反応が豚の

反応と異なる理由は不明であるが、こうした結果は飼料の油脂に含まれる FFA の値が増加すると通常ブロイラーの AME_n 含有量が減少するとする過去の報告を裏付けている。

豚に給与した場合の比較と同様に、Kerr ら (2016 年) は、ブロイラーに給与する DCO の AME_n を評価するために Wisemann ら (1998 年) が開発した予測式の精度を評価し、ブロイラーに給与する DCO に含まれるばらつきのある FFA 組成に基づいて、これらの式が正確でよりダイナミックな AME_n 予測値を提供できるものであるか否かを見極めた (表 5)。Wiseman ら (1998 年) の予測式は、FFA 含有率、不飽和/飽和脂肪酸比率およびブロイラーの齢を代入して、ブロイラーに給与する場合の脂質の AME_n 含有量を予測する。残念ながら、こうした予測式を用いると、あらゆる種類のコーンオイルの AME_n が 379~659 kcal/kg の範囲で過大に評価されることになる。こうした結果は Wiseman ら (1998 年) の数式の使用がブロイラーに給与する場合の AME_n の値を過大に評価する結果となるため、ブロイラーのための DCO 専用の新しい予測式の開発が必要であることを示唆している。

表 5. ブロイラーに給与する場合の DCO に含まれる AME_n の実際値と予測値 (出典: Kerr ら、2016 年)

測定	精製 コーンオイル	DCO (4.9 % FFA ¹)	DCO (12.8 % FFA)	DCO (13.9 % FFA)	DCO (93.8 % FFA)
GE (kcal/kg)	9,423	9,395	9,263	9,374	9,156
AME _n ² (kcal/kg)	8,072 ^a	7,936 ^a	8,036 ^a	7,694 ^a	6,276 ^b
EE ³ 可消化率 (%)	91.6 ^a	89.8 ^a	89.0 ^a	88.4 ^a	83.0 ^b
UFA:SFA ⁴	6.13	5.00	5.61	5.00	4.81
予測 AME _n ⁵ (kcal/kg)	8,680	8,484	8,415	8,329	6,935
AME _n の実際値と予測値の差 (kcal/kg)	-608	-548	-379	-635	-659

¹. FFA = 遊離脂肪酸

². AME_n = 窒素補正済見かけの ME

³. EE = エーテル抽出物

⁴. UFA = 不飽和脂肪酸、SFA = 飽和脂肪酸

⁵. 予測式は Wisemann ら (1998 年) による若齢および老齢ブロイラーの平均値 (見かけの ME) に基づき、Lopez と Leeson (2007 年、2008 年) および King ら (2013 年) に基づいてブロイラーに給与した場合の AME_n に適合させた。

References

- AAFCO. 2017. Association of American Feed Control Officials – Official Publication. Champaign, IL.
- Hanson, A.R., P.E. Urriola, L. Wang, L.J. Johnston, C. Chen, and G.C. Shurson. 2016. Dietary peroxidized maize oil affects the growth performance and antioxidant status of nursery pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 216:251-261.
- Hanson, A.R., P.E. Urriola, L.J. Johnston, and G.C. Shurson. 2015. Impact of synthetic antioxidants on lipid peroxidation of distiller's dried grains with solubles and distiller's corn oil under high temperature and humidity conditions. *J. Anim. Sci.* 93:4070-4078.
- Hung, Y.T., A.R. Hanson, G.C. Shurson, and P.E. Urriola. 2017. Peroxidized lipids reduce growth performance of poultry and swine: A meta-analysis. *Anim. Feed Sci. Technol.* 231:47-58.
- Kerr, B.J., W.A. Dozier III, and G.C. Shurson. 2016. Lipid digestibility and energy content of distillers' corn oil in swine and poultry. *J. Anim. Sci.* 94:2900-2908.
- Kerr, B.J., and G.C. Shurson. 2016. Determination of ether extract digestibility and energy content of specialty lipids with different fatty acid and free fatty acid content, the effect of lecithin, for nursery pigs. *The Professional Anim. Scientist* 33:127-134.
- Kerr, B.J., T.A. Kellner, and G.C. Shurson. 2015. Characteristics of lipids and their feeding value in swine diets. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 6:30.
- King, E.J., F.H. de Witt, H.J. van der merwe, A. Hugo, and M.D. Fair. 2013. The effect of lipid saturation on nutrient digestibility of layer diets. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 43:S131-S134.
- Lindblom, S.C., W.A. Dozier III, G.C. Shurson, and B.J. Kerr. 2017. Digestibility of energy and lipids and oxidative stress in nursery pigs fed commercially available lipids. *J. Anim. Sci.* 95:239-247.
- Lopez, G., and S. Leeson. 2007. Relevance of nitrogen correction for assessment of metabolizable energy with broilers to forty-nine days of age. *Poult. Sci.* 86:1696-1704.
- Lopez, G., and S. Leeson. 2008. Assessment of the nitrogen correction factor in evaluating metabolizable energy of corn and soybean meal in diets for broilers. *Poult. Sci.* 87:298-306.
- Shurson, G.C, B.J. Kerr, and A.R. Hanson. 2015. Evaluating the quality of feed fats and oils and their effects on pig growth performance. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 6:10.
- Song, R., C. Chen, L. Wang, L.J. Johnston, B.J. Kerr, T.E. Weber, and G.C. Shurson. 2013. High sulfur content in corn dried distillers grains with solubles protects against oxidized lipids by increasing sulfur-containing antioxidants in nursery pigs. *J. Anim. Sci.* 91:2715-2728.
- Wiseman, J., J. Powles, and F. Salvador. 1998. Comparison between pigs and poultry in the prediction of dietary energy value of fats. *Anim. Feed Sci. Technol.* 71:1-9.