



Re-discovering the economic and nutritional value of U.S. DDGS

Dr. Jerry Shurson
Department of Animal Science
University of Minnesota



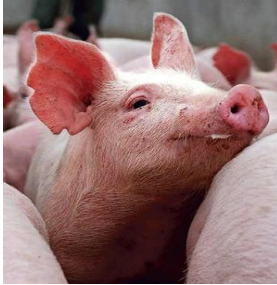


米国産DDGSの 経済価値と 栄養価値を 再発見する

ミネソタ大学畜産学部
Jerry Shurson博士



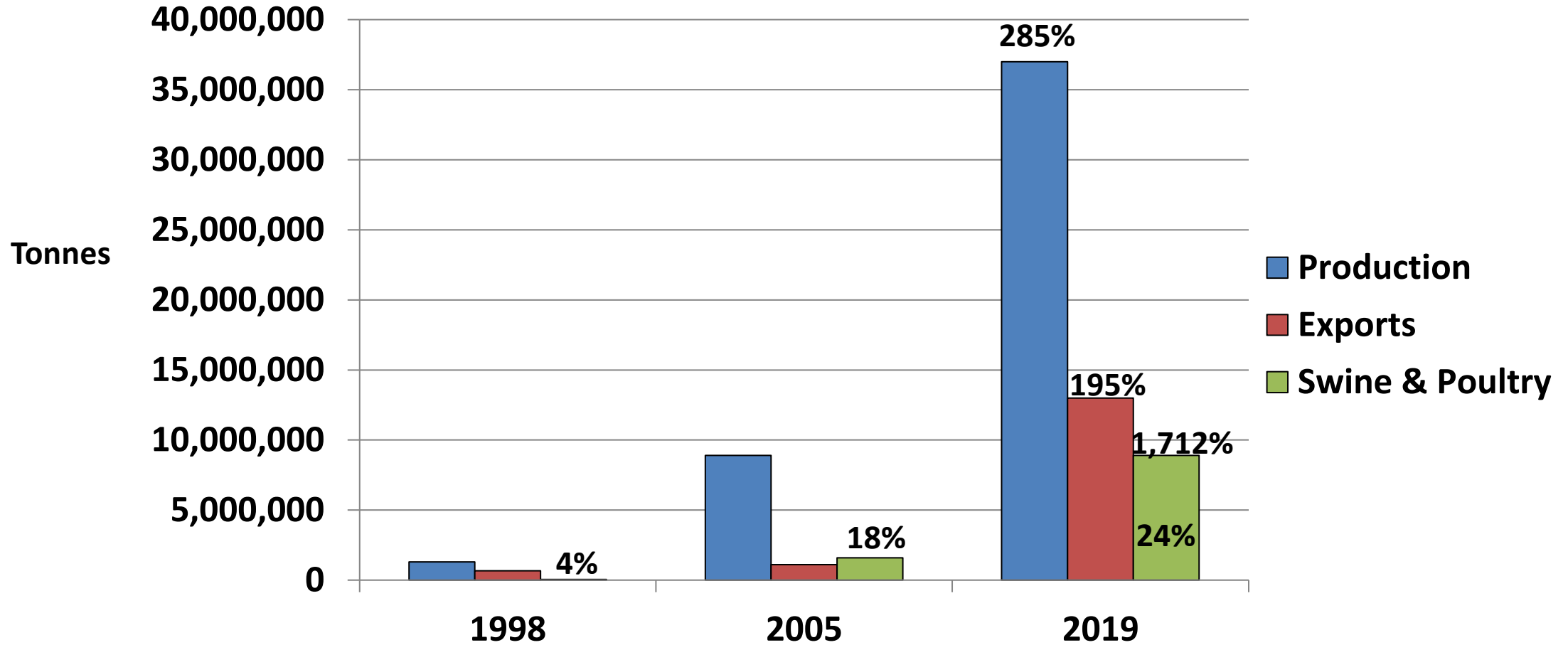
DDGS has become a highly valued feed ingredient for all species around the world



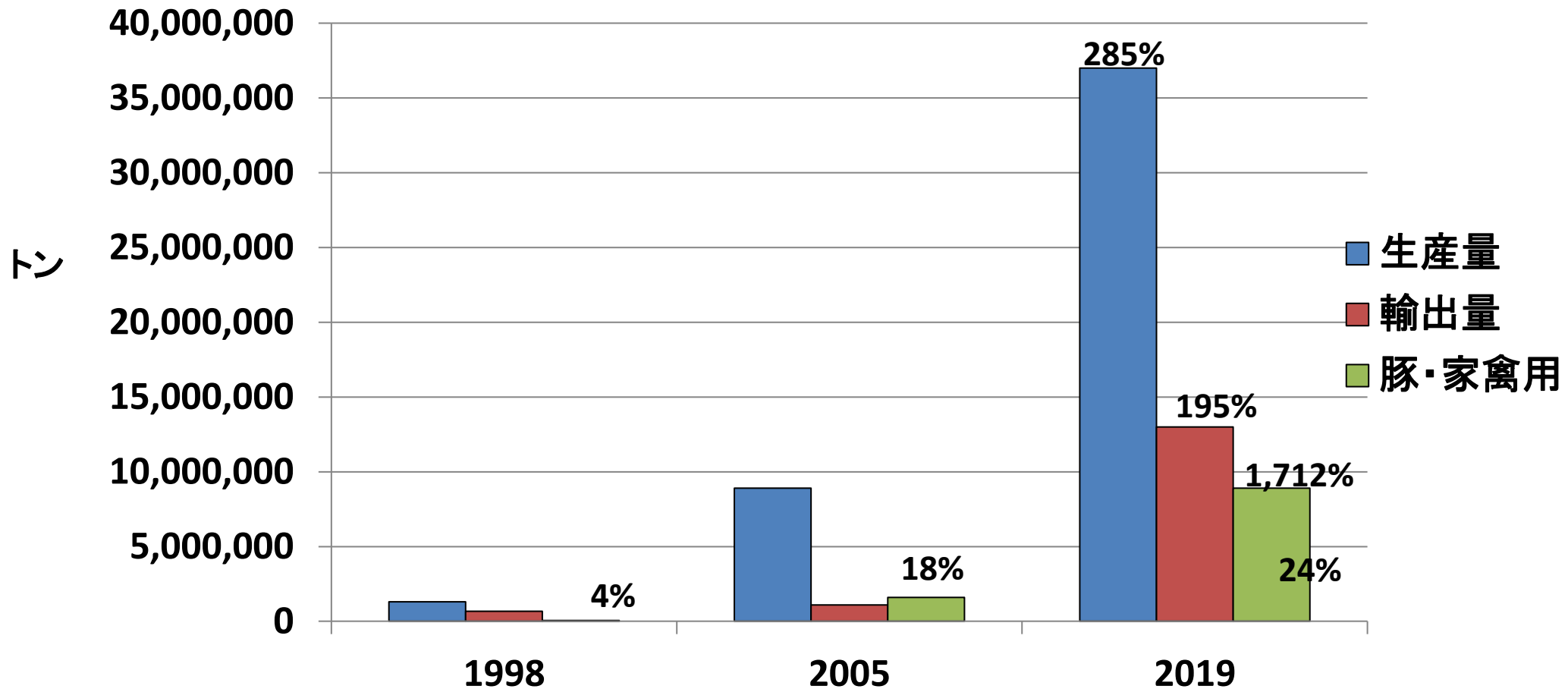
DDGSは世界中のすべての動物種にとって 価値の高い飼料原料となっている



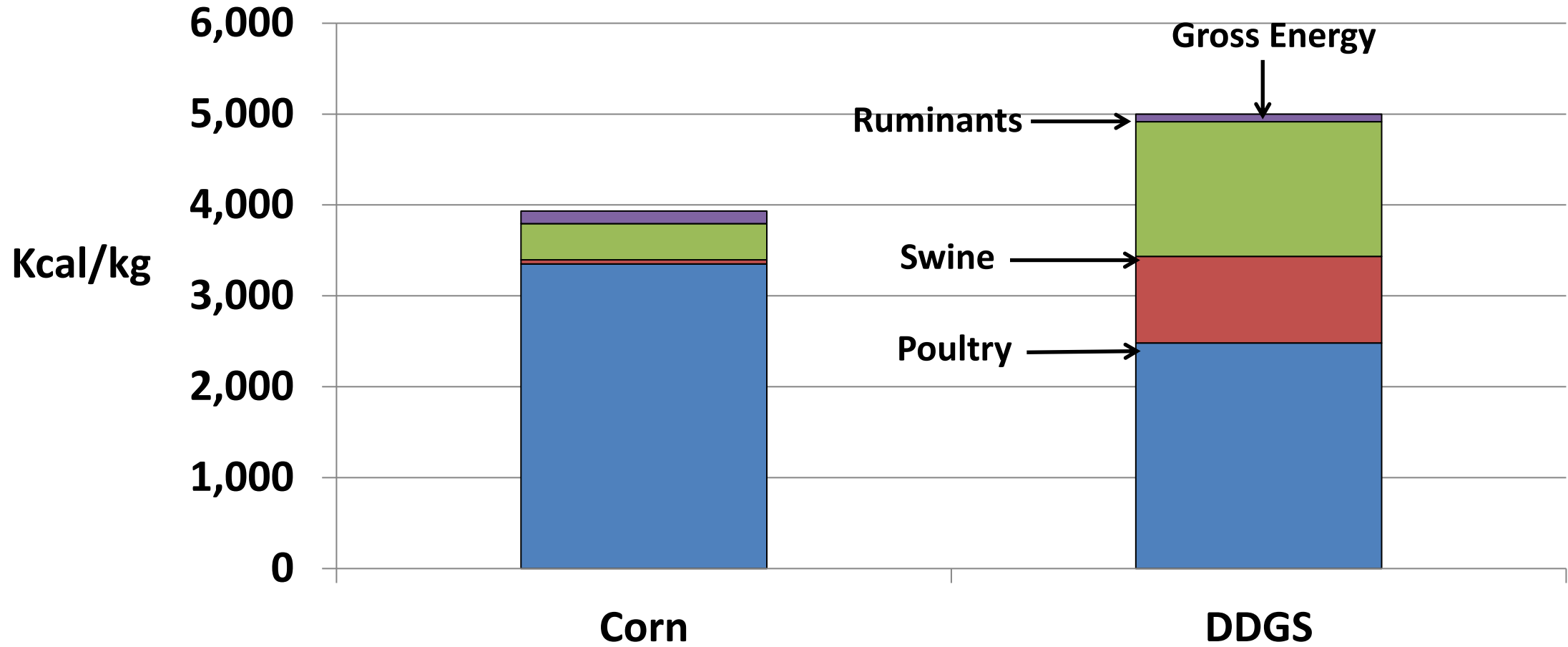
Production, exports, and use of DDGS in swine and poultry diets has increased dramatically



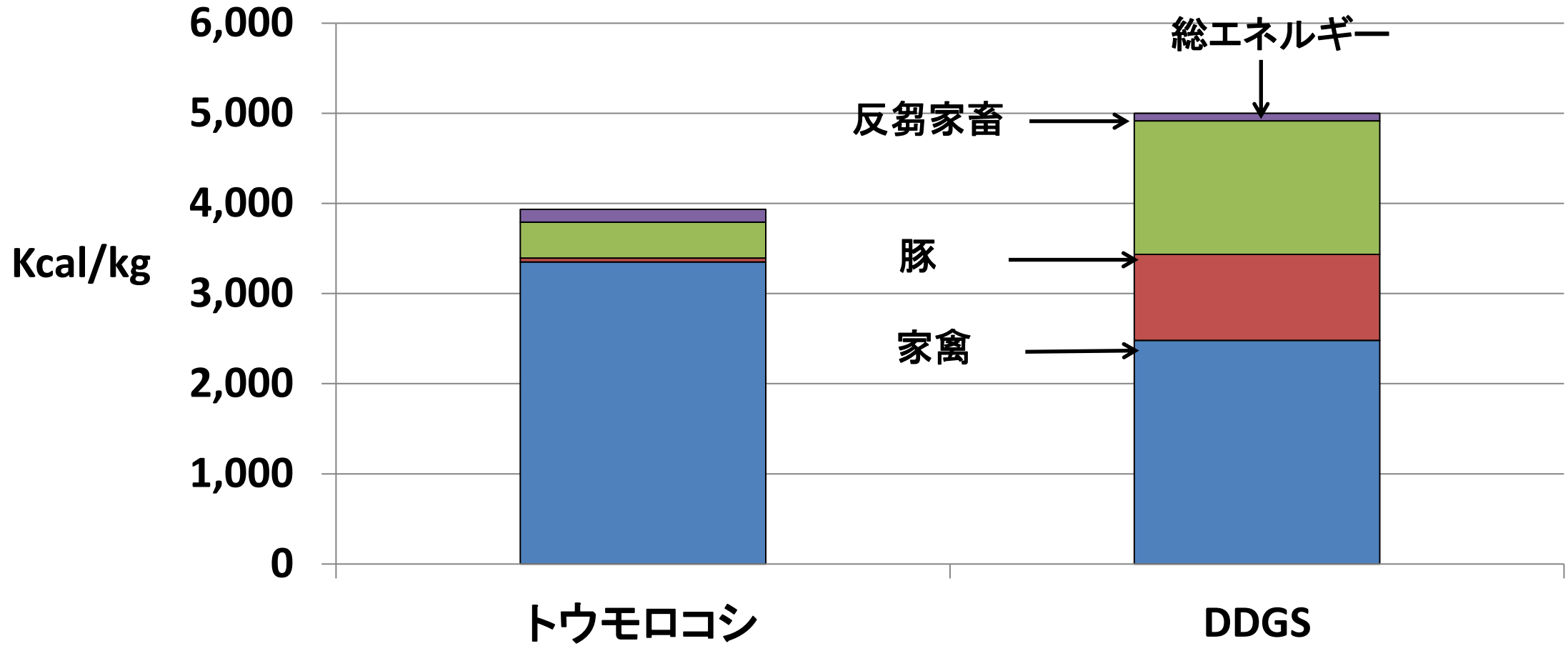
豚と家禽用の飼料に用いるDDGSの 生産量、輸出量および消費量は著しく増加している



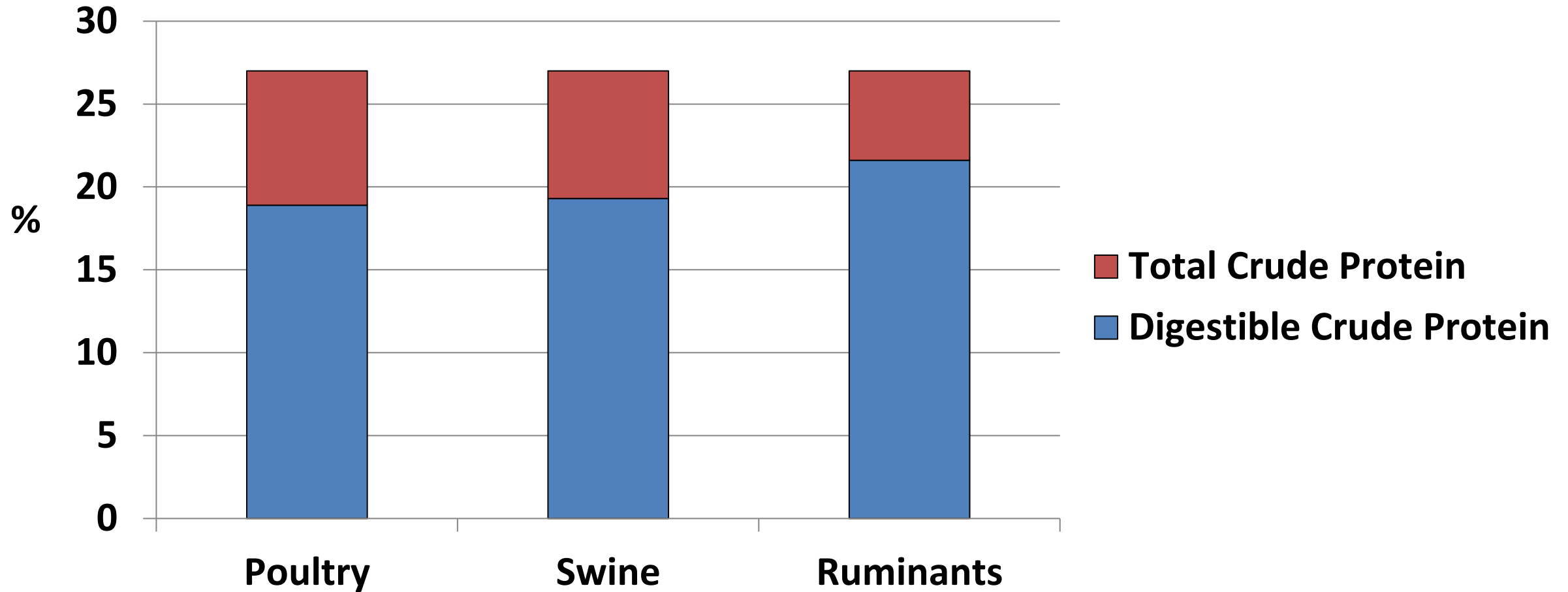
DDGS is a high energy ingredient



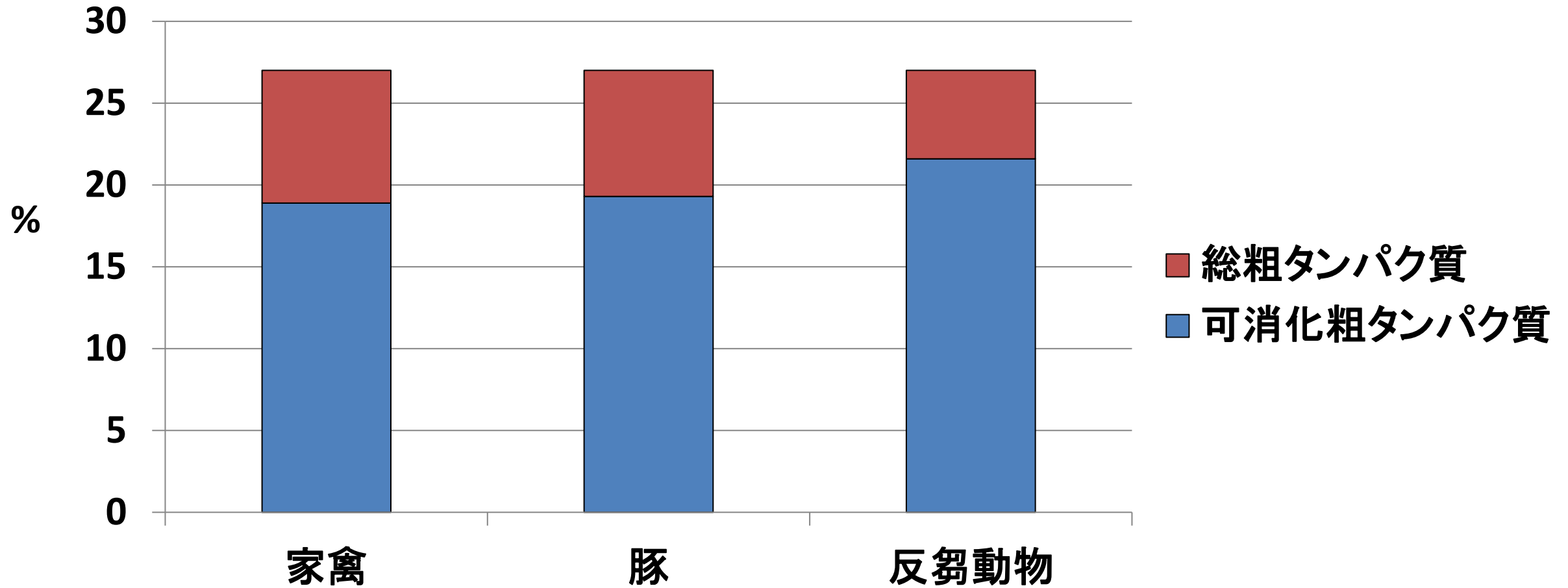
DDGSは高エネルギー原料である



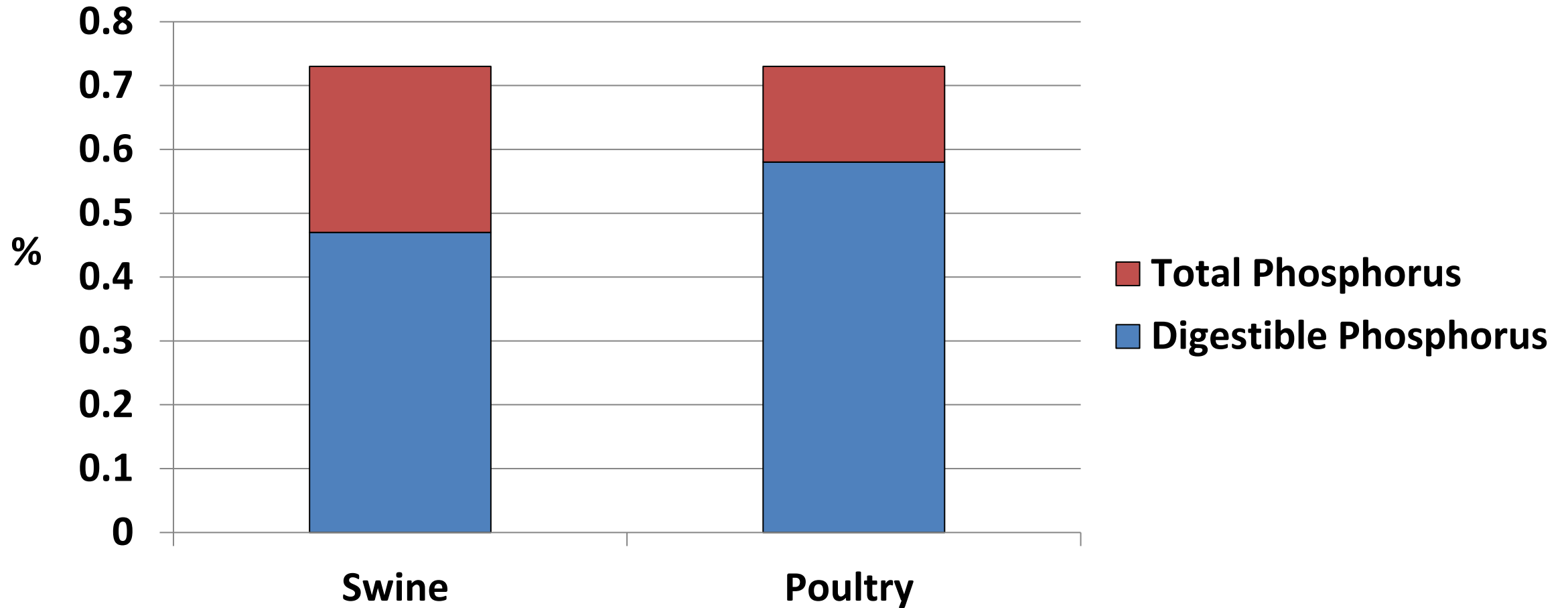
DDGS is an excellent source of digestible protein and amino acids



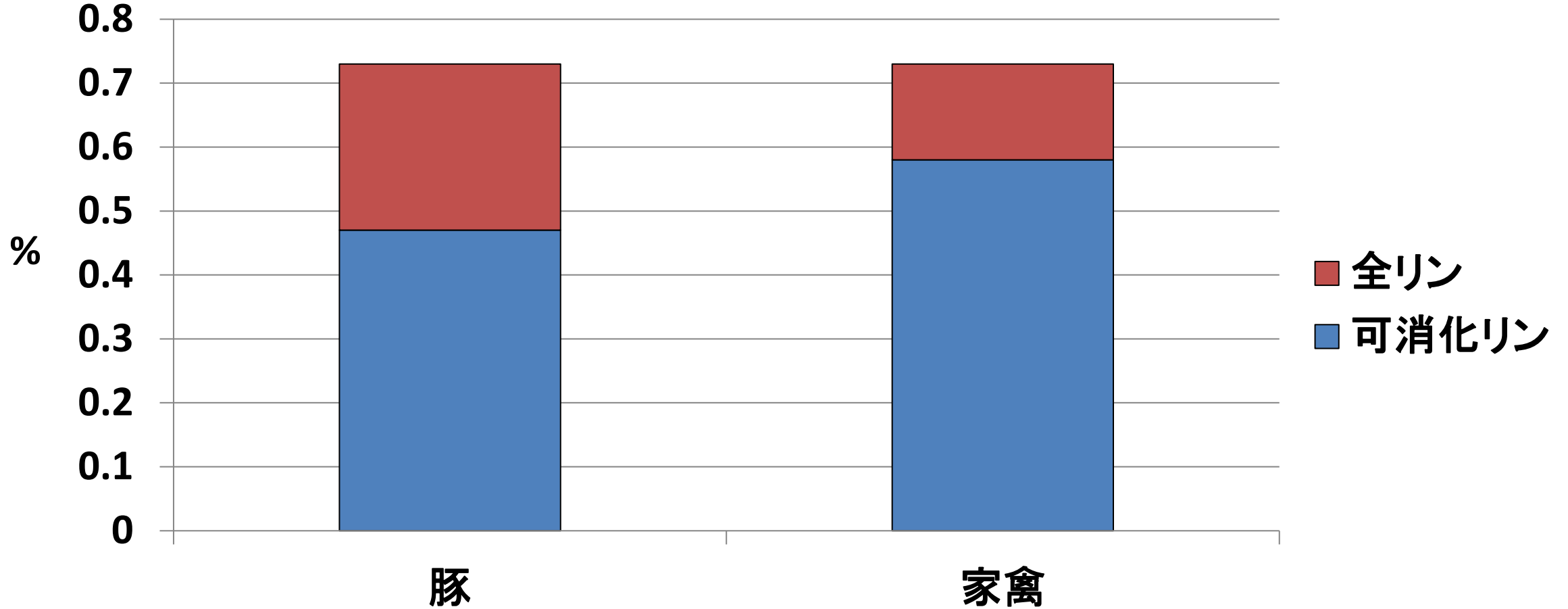
DDGSは可消化粗タンパク質とアミノ酸の優れた供給源である



DDGS contains more digestible phosphorus than any other grain or grain by-product



DDGSは他の穀物や穀物副産物よりも多くの可消化リンを含んでいる



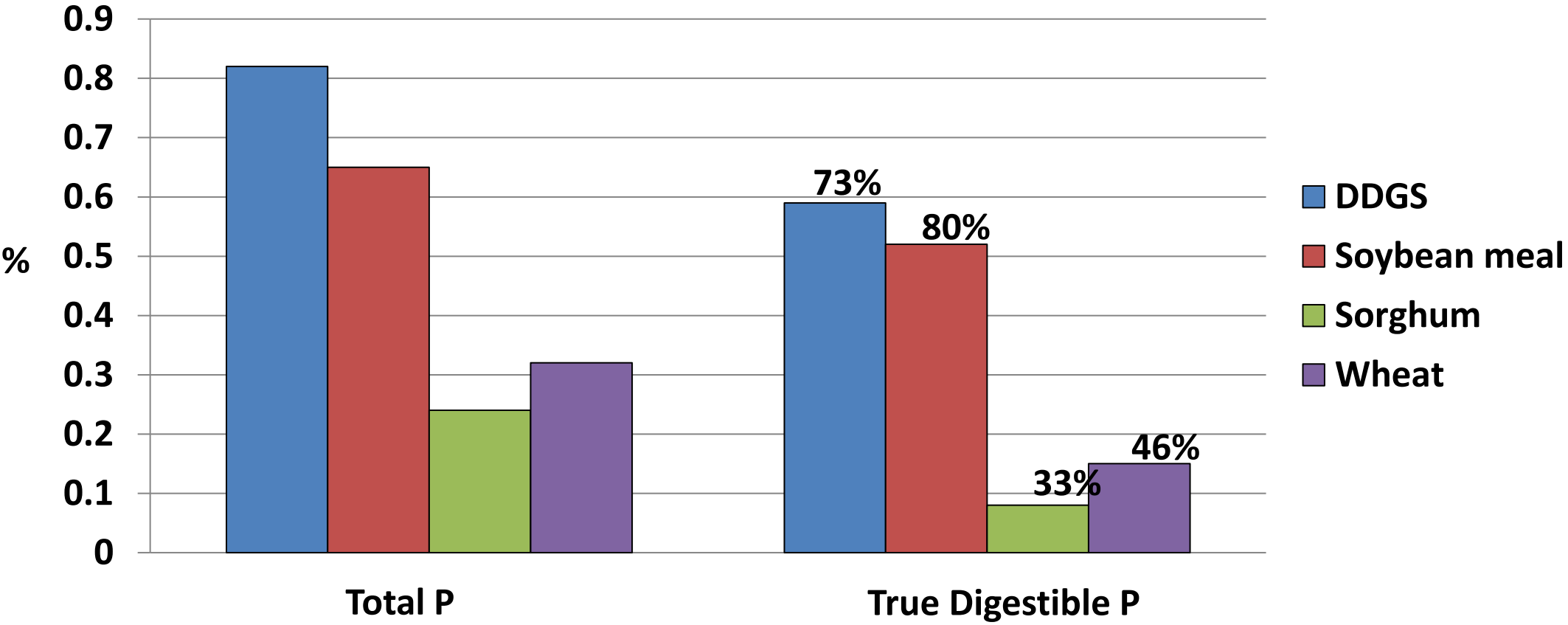
Estimates of relative bioavailability and digestibility of phosphorus in DDGS for swine

- Relative bioavailability of phosphorus in DDGS
 - vs. monosodium phosphate
 - 77 to 84% (Fent et al., 2004; Jenkin et al., 2007)
 - vs. dicalcium phosphate
 - 86 to 88% (Baker et al., 2013)
 - 89% (Whitney and Shurson, 2001)
- Standardized total tract digestibility (STTD) of phosphorus in DDGS
 - 63% (Baker et al., 2013)
 - 73% (Almeida and Stein, 2010)

DDGSに含まれるリンの 豚における相対的な生物学的利用率と消化率の推定値

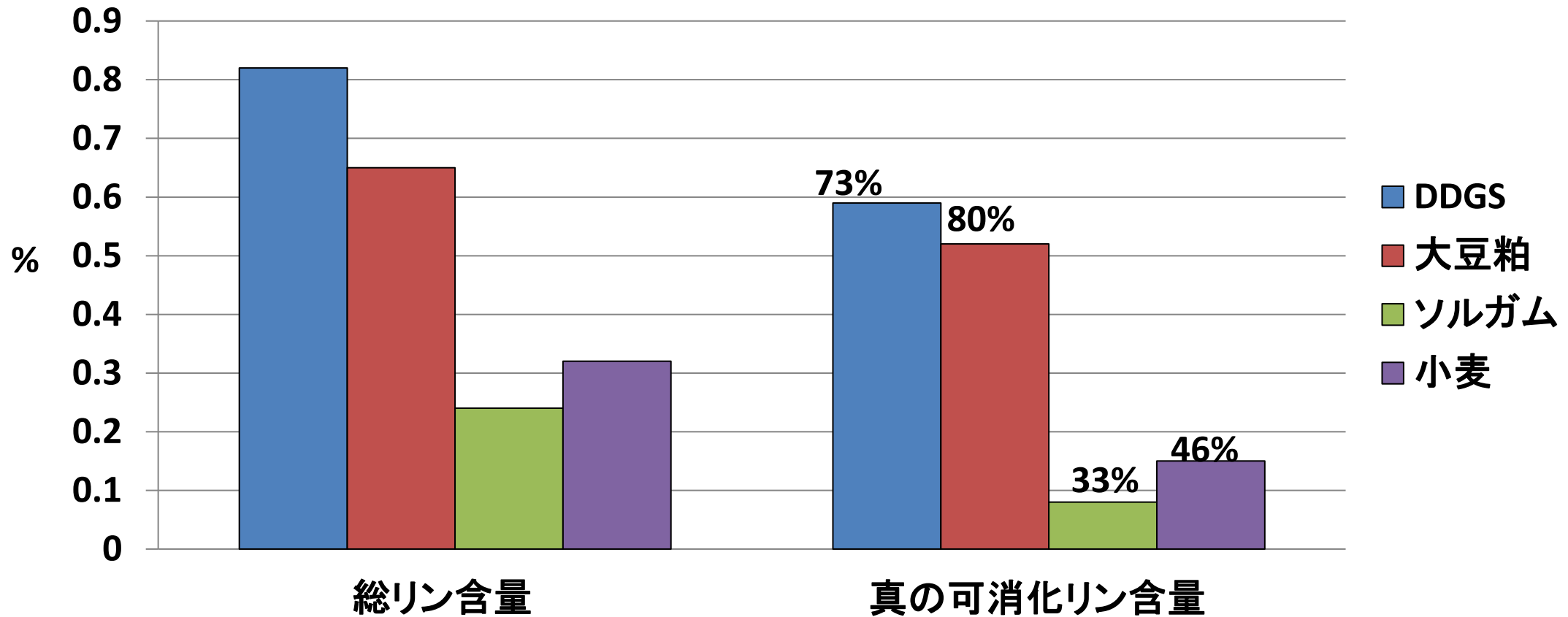
- DDGSに含まれるリンの相対的な生物学的利用率
 - vs. リン酸ナトリウム
 - 77～84% (Fent ら、2004; Jenkin ら、2007)
 - vs. リン酸二石灰
 - 86～88% (Baker ら、2013)
 - 89% (Whitney とShurson、2001)
- DDGSに含まれるリンの標準化全消化管消化率(STTD)
 - 63% (Baker ら、2013)
 - 73% (Almeida とStein、2010)

Comparison of total and true digestible phosphorus of feed ingredients for poultry



Mutucumarana et al. (2014)

家禽用飼料原料の全リンと真の可消化リン含量の比較



Mutucumarana et al. (2014)

Nutrient content of DDGS varies among sources

Analyte, % (dry matter basis)	Range
Crude protein	26 – 35
Crude fat	5 – 13
Neutral detergent fiber	27 – 51
Starch	1 – 4
Ash	4 – 5

Meloche et al. (2013)

供給元が異なるDDGSの栄養成分量のばらつき

分析対象 % (乾物)	範囲
粗タンパク質	26 – 35
粗脂肪	5 – 13
中性デタージェント繊維	27 – 51
デンプン	1 – 4
粗灰分	4 – 5

Meloche et al. (2013)

Energy, digestible amino acid, and phosphorus content for swine varies among DDGS sources

	NRC (2012)	Range of published values	Difference
ME, kcal/kg	3,396	2,917 – 3,872	955
NE, kcal/kg	2,343	1,797 – 2,603	806
SID Lys, %	0.55	0.20 – 0.82	0.62
SID Met+Cys, %	0.79	0.58 – 1.26	0.68
SID Thr, %	0.70	0.48 – 1.46	0.98
SID Trp, %	0.14	0.06 – 0.22	0.16
STTD P, %	0.39	0.41 - 0.75	0.34

All values on an as-fed basis (89% DM)

An average NE value of 2,120 kcal/kg may be appropriate to use for most DDGS sources.

供給元が異なるDDGSの豚における エネルギー、可消化アミノ酸およびリン含量のばらつき

	NRC (2012)	発表値の範囲	差異
代謝エネルギー (ME) kcal/kg	3,396	2,917 – 3,872	955
正味エネルギー (NE) kcal/kg	2,343	1,797 – 2,603	806
標準回腸消化率 (SID) リジン %	0.55	0.20 – 0.82	0.62
SID メチオニン+シスチン %	0.79	0.58 – 1.26	0.68
SID トレオニン %	0.70	0.48 – 1.46	0.98
SID トリプトファン %	0.14	0.06 – 0.22	0.16
STTD リン %	0.39	0.41 - 0.75	0.34

すべての値は現物給与ベース (乾物比 (DM) 89%)

平均正味エネルギー価2,120 kcal/kg は大半の供給元のDDGSが使用に適している可能性を示唆する。

Energy, digestible amino acids and phosphorus content for poultry varies among DDGS sources

	NRC (1994)	Range of published values
AME, kcal/kg	2,480	1,764 – 3,245
TME, kcal/kg	3,097	Not determined
SID Lys, %	0.49	0.16 – 0.84
SID Met, %	0.50	0.22 – 0.71
SID Cys, %	0.31	0.22 – 0.69
SID Thr, %	0.66	0.36 – 1.10
SID Trp, %	Not determined	0.08 – 0.26
True digestible P, %	Not determined (Total P = 0.72, Non-phytate P = 0.39)	0.59¹

All values on an as-fed basis (89% DM)

¹Based on 0.82% total P × 73% digestibility (Mutucumarana et al. (2014))

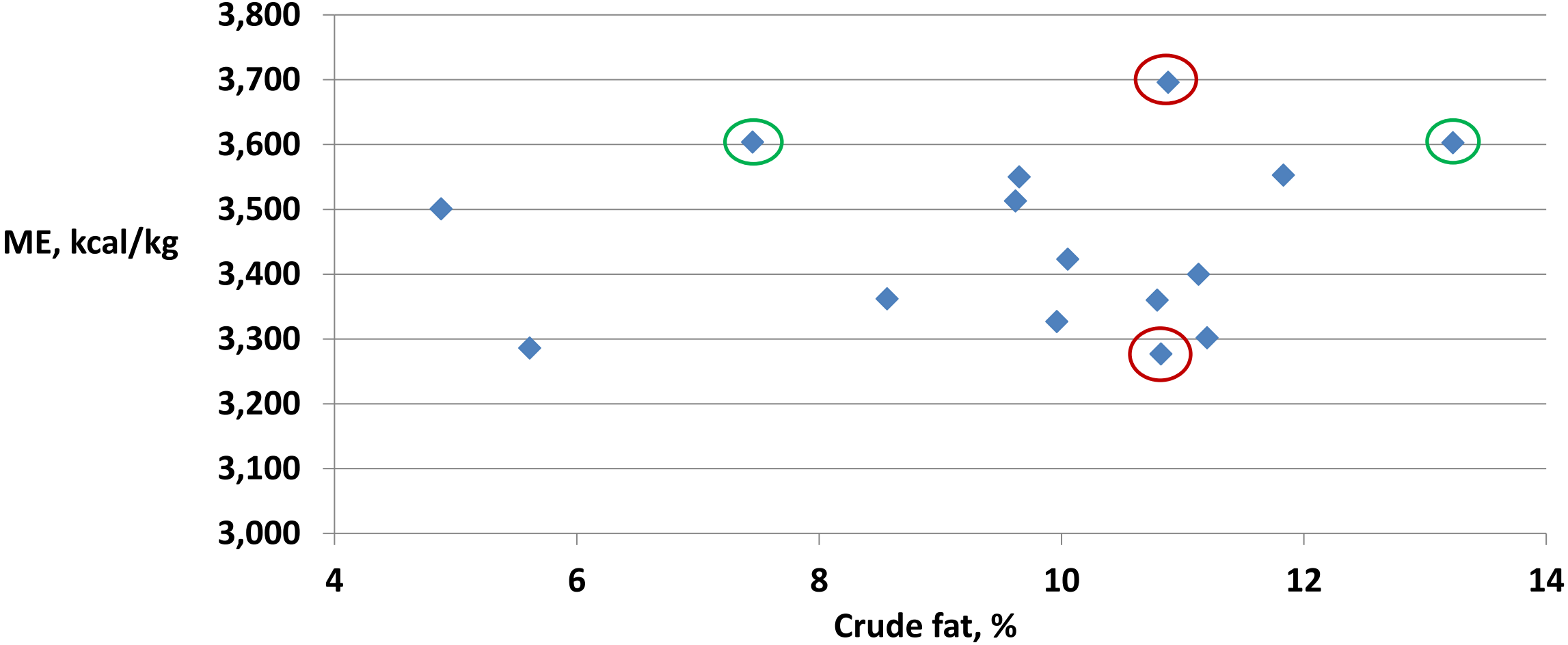
供給元が異なるDDGSの家禽における エネルギー、可消化アミノ酸およびリン含量のばらつき

	NRC (1994)	発表値の範囲
見かけの代謝エネルギー(AME) kcal/kg	2,480	1,764 – 3,245
真の代謝エネルギー(TME) kcal/kg	3,097	データなし
SID リジン %	0.49	0.16 – 0.84
SID メチオニン %	0.50	0.22 – 0.71
SID シスチン %	0.31	0.22 – 0.69
SID トレオニン %	0.66	0.36 – 1.10
SID トリプトファン %	データなし	0.08 – 0.26
真の可消化リン %	データなし (総リン = 0.72、 非フィチン態リン = 0.39)	0.59 ¹

すべての値は現物給与ベース (89% DM)

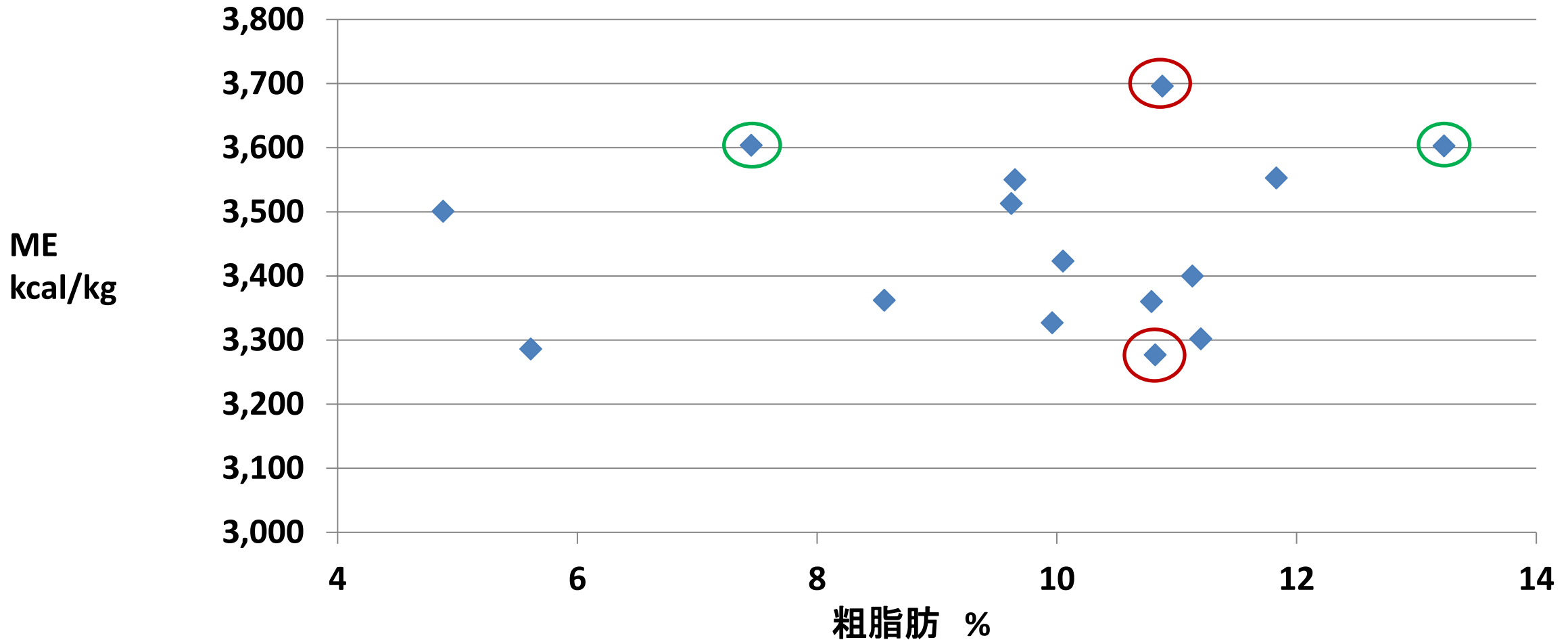
¹総リン 0.82% × 可消化率73%に基づく (Mutucumarana ら (2014))

Metabolizable energy (ME) content is poorly correlated with crude fat content of DDGS sources for swine



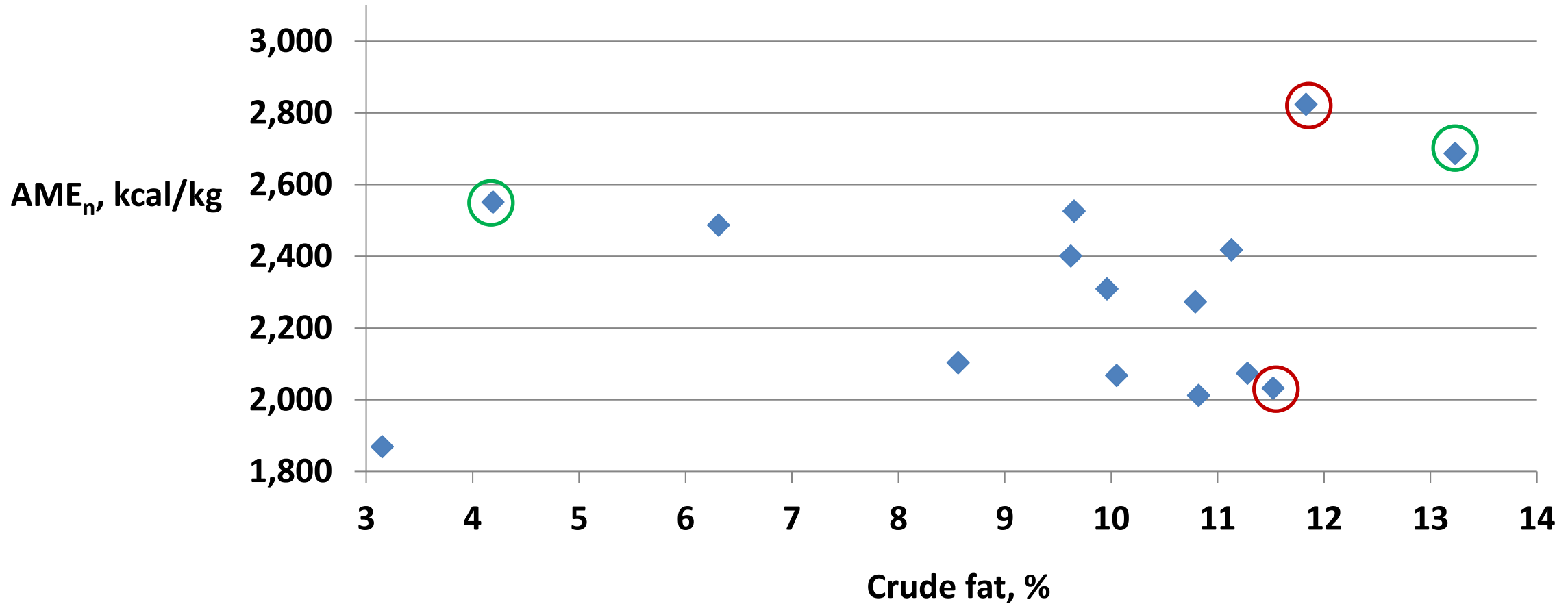
Kerr et al. (2013)

供給元が異なるDDGS間では 豚における代謝エネルギー（ME）と粗脂肪含量との相関は低い



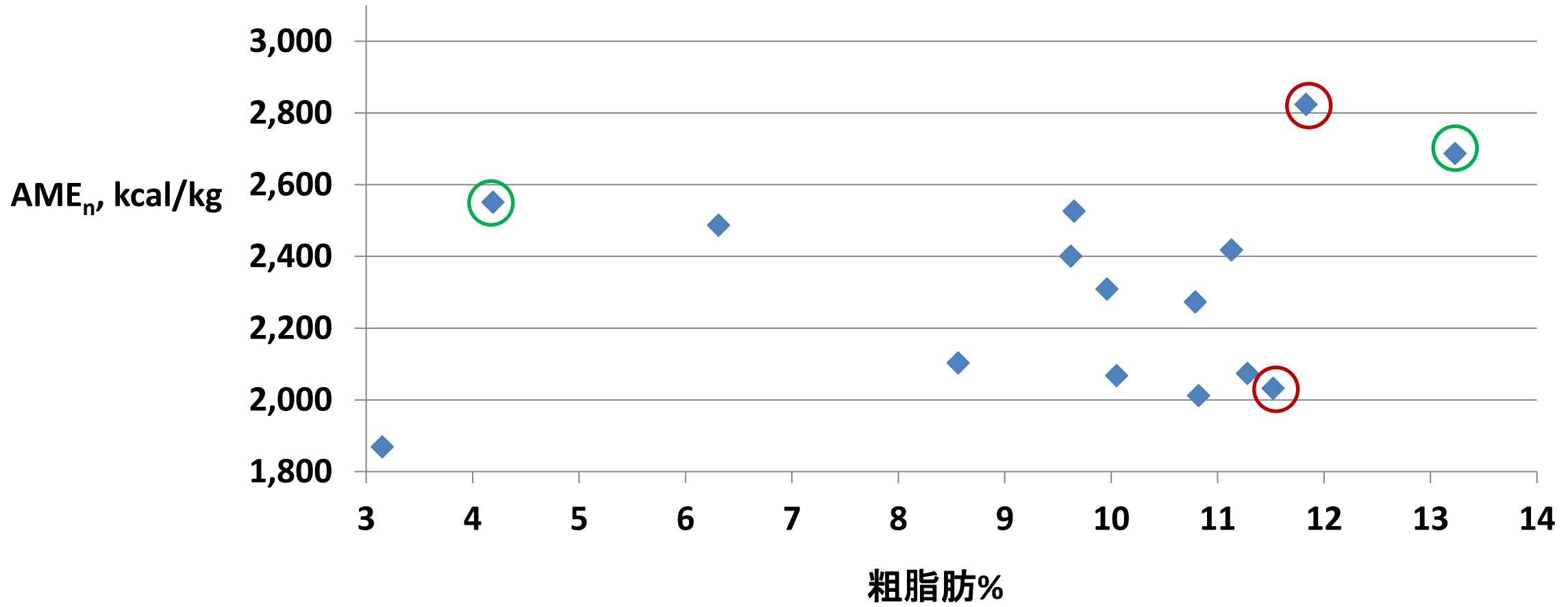
Kerr et al. (2013)

Apparent metabolizable energy (AME_n) content is poorly correlated with crude fat content of DDGS sources for poultry



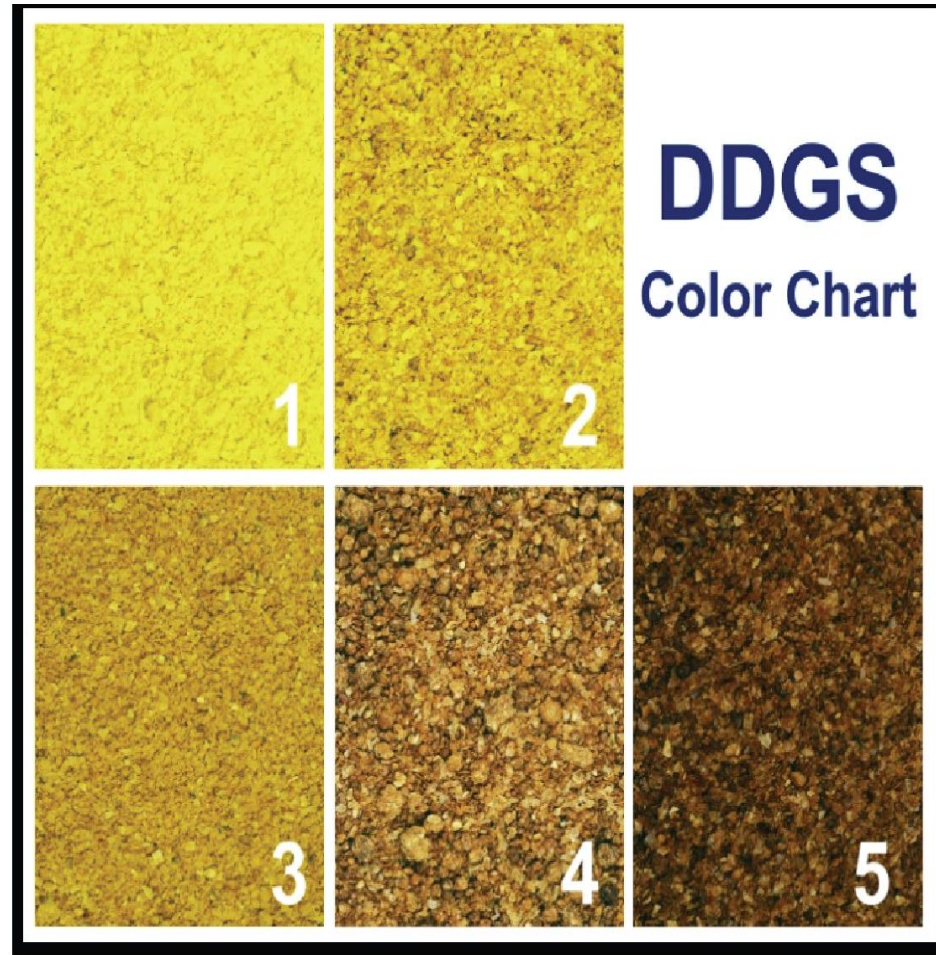
Meloche et al. (2013)

供給元が異なるDDGS間では 家禽における代謝エネルギーと粗脂肪含量との相関は低い



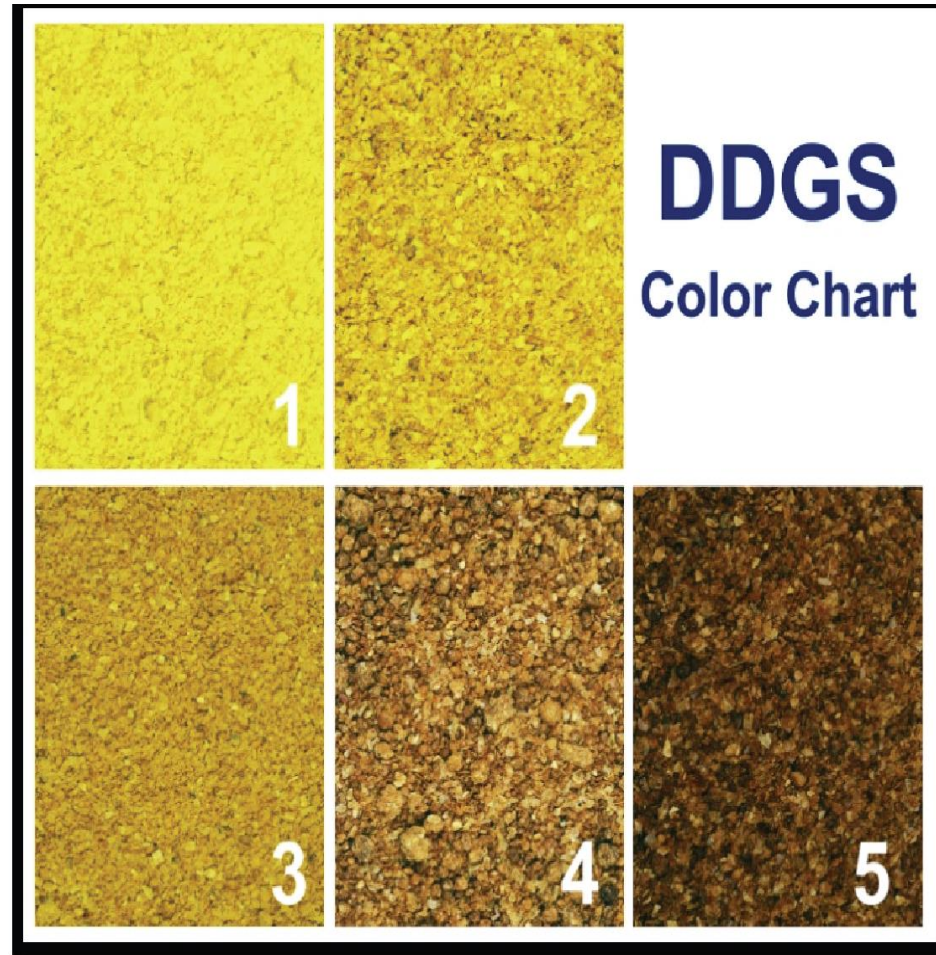
Meloche et al. (2013)

Color is not an accurate indicator of amino acid digestibility among DDGS sources



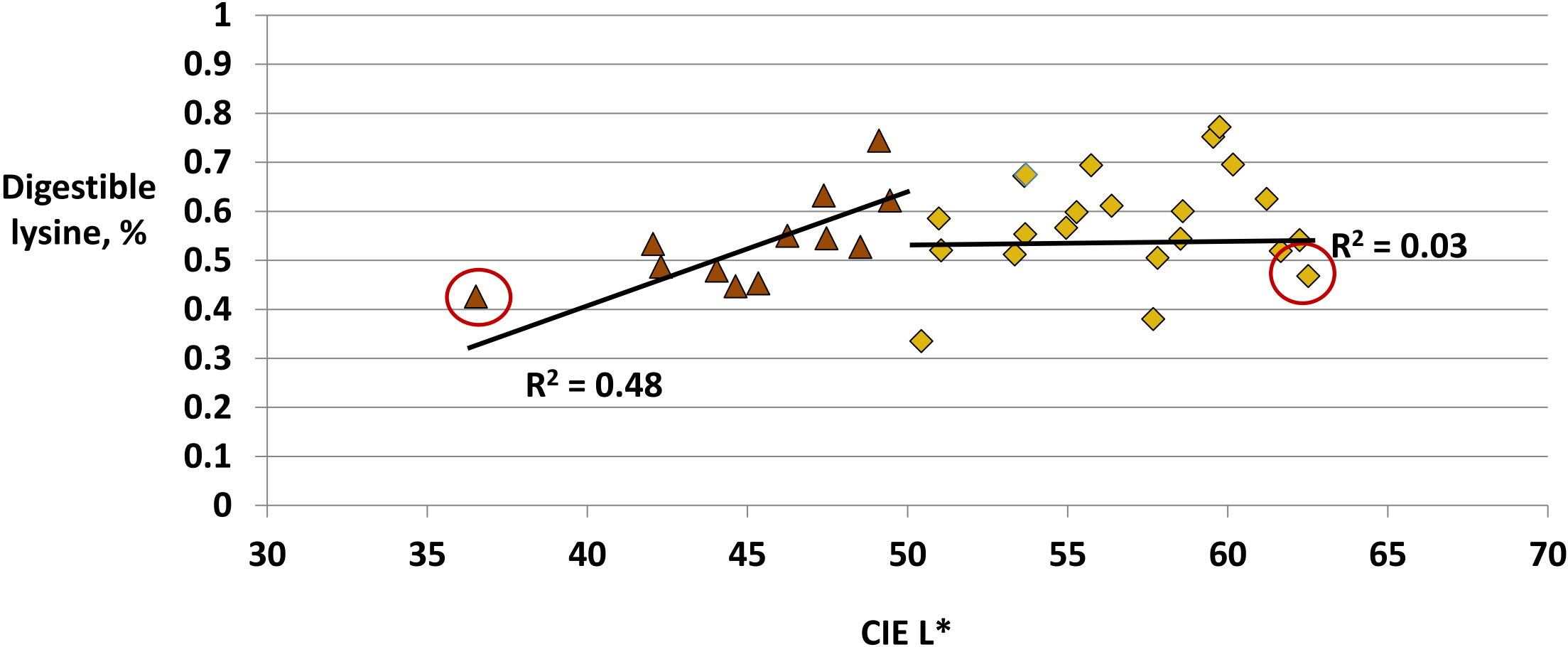
Lysine: Crude Protein > 3.10% (acceptable for poultry, swine, and aquaculture)

DDGSの色調は、供給元が異なるDDGSのアミノ酸消化率の差を示す正確な指標とはならない

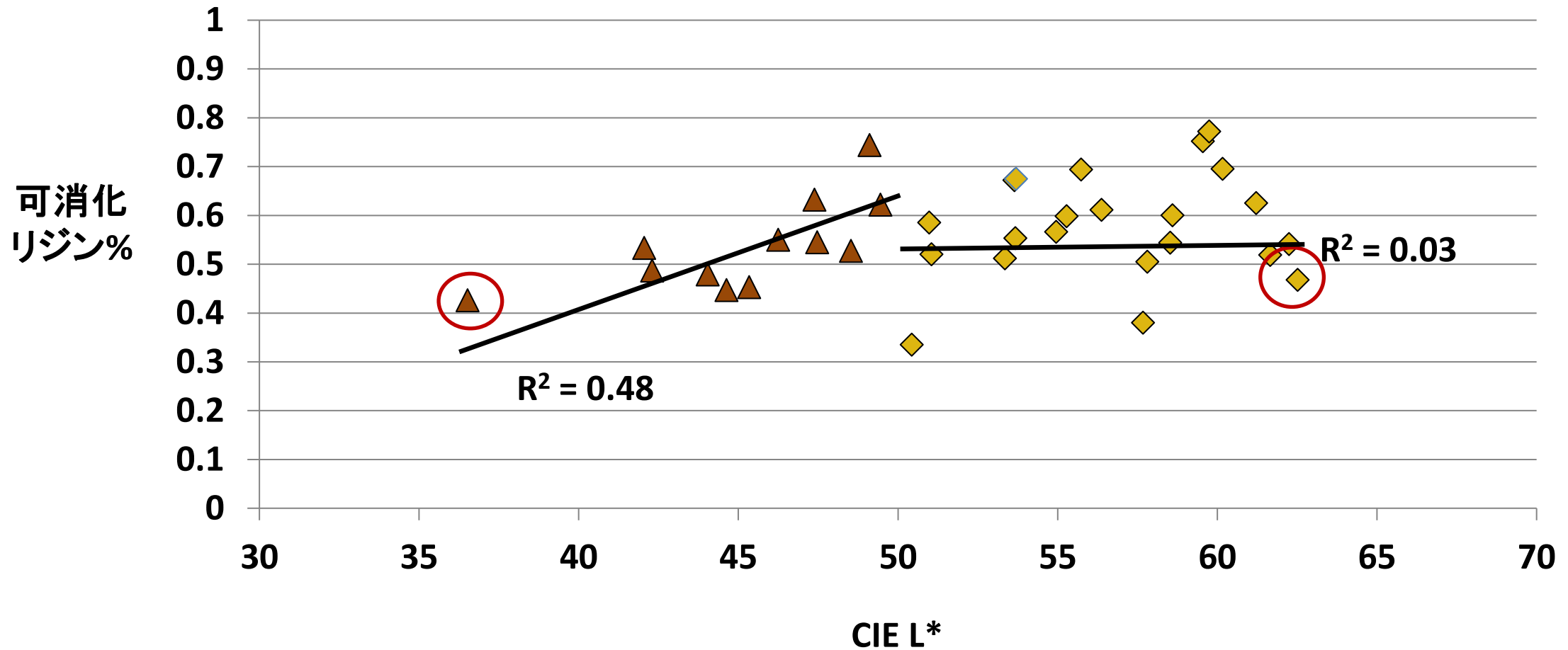


リジン:粗タンパク質 > 3.10% (家禽、豚および水産養殖での許容レベル)

Color is poorly correlated with amino acid digestibility among DDGS sources for swine



供給元が異なるDDGS間での 色調と豚におけるアミノ酸消化率との相関は低い



Color and crude protein content are poorly correlated with amino acid digestibility among DDGS sources for poultry

Correlation coefficient	Amino acid digestibility	Crude protein	ADICP	NDICP	Pepsin digestibility	Color
Amino acid digestibility	1.00					
Crude protein	- 0.12	1.00				
ADICP	0.29	0.32	1.00			
NDICP	0.04	- 0.50	- 0.05	1.00		
Pepsin digestibility	0.52	0.06	0.18	0.16	1.00	
Color	0.16	- 0.65	- 0.19	0.61	0.15	1.00

14 DDGS samples (Hunter L* ranged from 47.6 to 57.4)

Amino acid digestibility determined using cecectomized rooster assay and ranged from 73 to 83%

Color explains only 2.6% of the variability in amino acid digestibility

Source: WRINKLE – POET Nutrition (March, 2018)

供給元が異なるDDGS間での色調および粗タンパク質含量と、 家禽におけるアミノ酸消化率との相関は低い

相関係数	アミノ酸消化率	粗タンパク質	ADICP	NDICP	ペプシン消化率	色
アミノ酸消化率	1.00					
粗タンパク質	- 0.12	1.00				
ADICP	0.29	0.32	1.00			
NDICP	0.04	- 0.50	- 0.05	1.00		
ペプシン消化率	0.52	0.06	0.18	0.16	1.00	
色	0.16	- 0.65	- 0.19	0.61	0.15	1.00

14の DDGS サンプル (ハンターL* の範囲: 47.6 ~ 57.4)

盲腸を切除した雄鶏による判定法を用いて73~83%の測定範囲で確定したアミノ酸消化率
DDGSの色調から判断できるのはアミノ酸消化率のばらつきの僅か2.6%にすぎない

出典: WRINKLE – POET Nutrition (March, 2018)

Accurate energy and digestible amino acid values of DDGS sources can be determined using validated prediction equations



**有効な予測式を用いて供給元の異なるDDGSの正確なエネルギー
および可消化アミノ酸の値を求めることができる**



Metabolizable energy (ME) content of DDGS sources for swine can be accurately estimated

Digestible energy (DE), kcal/kg = - 2,161 + (1.39 × Gross energy, kcal/kg) – (20.7 × % NDF) – (49.3 × % Crude Fat)

ME, kcal/kg = – 261 + (1.05 × DE, kcal/kg) – (7.89 × % Crude protein) + (2.47 × % NDF) – (4.99 × % Crude Fat)

Urriola et al. (2014)



供給元が異なるDDGSの 豚における代謝エネルギー値 (ME) は正確に推定することができる

可消化エネルギー (DE), kcal/kg = - 2,161 + (1.39 × 総エネルギー, kcal/kg) - (20.7 × % 中性デタージェント繊維 (NDF)) - (49.3 × % 粗脂肪)

ME, kcal/kg = - 261 + (1.05 × DE, kcal/kg) - (7.89 × % 粗タンパク質) + (2.47 × % NDF) - (4.99 × % 粗脂肪)

Urriola et al. (2014)



Net energy (NE) content of DDGS sources for swine can be estimated from nutrient composition

$$\text{NE, kcal/kg} = - 1,130.5 + (0.27 \times \text{Gross energy, kcal/kg}) + (23.86 \times \% \text{ Crude Fat}) - (10.83 \times \% \text{ NDF})$$

$$R^2 = 0.99$$

Wu et al. (2016)



供給元が異なるDDGSの豚における 正味エネルギー(NE)含量は栄養組成から推定することができる

$$\text{NE, kcal/kg} = -1,130.5 + (0.27 \times \text{総エネルギー, kcal/kg}) + (23.86 \times \% \text{粗脂肪}) - (10.83 \times \% \text{NDF})$$

$$R^2 = 0.99$$

Wu et al. (2016)



AME_N content of DDGS sources for poultry can be accurately estimated from chemical composition

$$\text{AME}_N \text{ kcal/kg} = 3,673 - (121.35 \times \text{Crude fiber}) + (51.29 \times \text{Crude fat}) - (121.08 \times \text{Ash})$$

Meloche et al. (2014)



供給元が異なるDDGSの家禽における AME_N 含量は 化学組成から正確に推定することができる

$$AME_N \text{ kcal/kg} = 3,673 - (121.35 \times \text{粗繊維}) + (51.29 \times \text{粗脂肪}) - (121.08 \times \text{粗灰分})$$

Meloche et al. (2014)



Standardized ileal digestible (SID) amino acid content of DDGS for swine can be accurately predicted

$$\text{SID Lys, g/kg} = -1.03 + (\text{Lys, g/kg} \times 0.88) - (\text{NDF, g/kg} \times 0.003) \quad R^2 = 0.98$$

$$\text{SID Met+Cys, g/kg} = 0.05 + (\text{Met+Cys, g/kg} \times 0.92) - (\text{NDF, g/kg} \times 0.005) \quad R^2 = 0.99$$

$$\text{SID Thr, g/kg} = 1.30 + (\text{Thr, g/kg} \times 0.64) - (\text{ADF, g/kg} \times 0.028) \quad R^2 = 0.99$$

$$\text{SID Trp, g/kg} = -0.17 + (\text{Trp, g/kg} \times 0.89) \quad R^2 = 0.99$$

$$\text{SID Leu, g/kg} = 0.30 + (\text{Leu, g/kg} \times 0.90) - (\text{ADF, g/kg} \times 0.018) \quad R^2 = 0.97$$

$$\text{SID Ile, g/kg} = 0.07 + (\text{Ile, g/kg} \times 0.90) - (\text{NDF, g/kg} \times 0.005) \quad R^2 = 0.99$$

$$\text{SID Val, g/kg} = -0.49 + (\text{Val, g/kg} \times 0.87) - (\text{ADF, g/kg} \times 0.070) \quad R^2 = 0.99$$

*Values on 88% DM basis

DDGSの豚における標準回腸可消化(SID) アミノ酸含量は正確に推定することができる

$$\text{SID リジン, g/kg} = -1.03 + (\text{リジン, g/kg} \times 0.88) - (\text{中性デタージェント繊維, g/kg} \times 0.003) \quad R^2 = 0.98$$

$$\text{SID メチオニン+シスチン, g/kg} = 0.05 + (\text{メチオニン+シスチン, g/kg} \times 0.92) - (\text{中性デタージェント繊維, g/kg} \times 0.005) \quad R^2 = 0.99$$

$$\text{SID トレオニン, g/kg} = 1.30 + (\text{トレオニン, g/kg} \times 0.64) - (\text{酸性デタージェント繊維, g/kg} \times 0.028) \quad R^2 = 0.99$$

$$\text{SID トリプトファン, g/kg} = -0.17 + (\text{トリプトファン, g/kg} \times 0.89) \quad R^2 = 0.99$$

$$\text{SID ロイシン, g/kg} = 0.30 + (\text{ロイシン, g/kg} \times 0.90) - (\text{酸性デタージェント繊維, g/kg} \times 0.018) \quad R^2 = 0.97$$

$$\text{SID イソロイシン, g/kg} = 0.07 + (\text{イソロイシン, g/kg} \times 0.90) - (\text{中性デタージェント繊維, g/kg} \times 0.005) \quad R^2 = 0.99$$

$$\text{SID バリン, g/kg} = -0.49 + (\text{バリン, g/kg} \times 0.87) - (\text{酸性デタージェント繊維, g/kg} \times 0.070) \quad R^2 = 0.99$$

*乾物88% の場合の値 Zeng et al. (2017)

Standardized ileal digestible (SID) amino acid content of DDGS for broilers can be accurately predicted

SID Lys, % = - 0.22 + (0.91 × Lys, %)	R² = 0.87
SID Met, % = - 0.12 + (1.05 × Met, %)	R² = 0.90
SID Cys, % = - 0.07 + (0.88 × Cys, %)	R² = 0.87
SID Thr, % = - 0.17 + (0.88 × Thr, %)	R² = 0.84
SID Trp, % = - 0.03 + (1.00 × Trp, %)	R² = 0.99
SID Arg, % = - 0.20 + (0.96 × Arg, %)	R² = 0.95

Zhu et al. (2017)

DDGSのブロイラーにおける標準回腸可消化(SID) アミノ酸含量は正確に推定することができる

$$\text{SID リジン, \%} = -0.22 + (0.91 \times \text{リジン, \%}) \quad R^2 = 0.87$$

$$\text{SID メチオニン, \%} = -0.12 + (1.05 \times \text{メチオニン, \%}) \quad R^2 = 0.90$$

$$\text{SID シスチン, \%} = -0.07 + (0.88 \times \text{シスチン, \%}) \quad R^2 = 0.87$$

$$\text{SID トレオニン, \%} = -0.17 + (0.88 \times \text{トレオニン, \%}) \quad R^2 = 0.84$$

$$\text{SID トリプトファン, \%} = -0.03 + (1.00 \times \text{トリプトファン, \%}) \quad R^2 = 0.99$$

$$\text{SID アルギニン, \%} = -0.20 + (0.96 \times \text{アルギニン, \%}) \quad R^2 = 0.95$$

“Disconnect” between price and value

Market Purchase Price

Crude protein

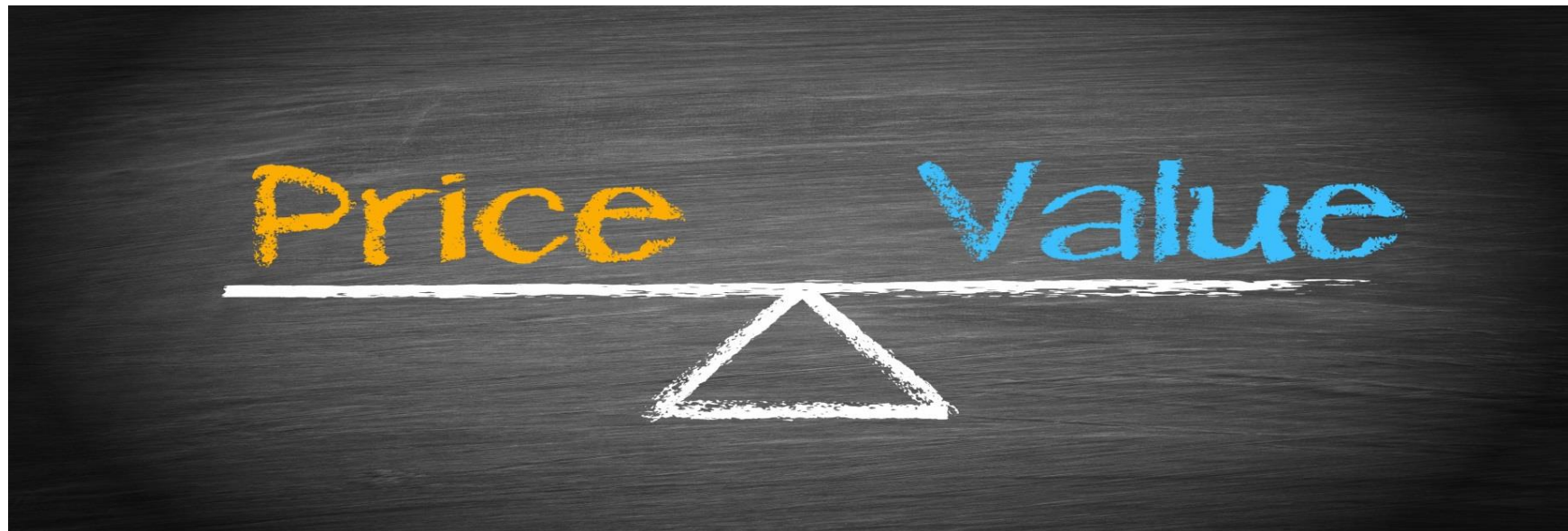
Crude fat

Animal Feeding Value

Metabolizable or net energy

Digestible amino acids

Digestible phosphorus



価格と価値は「無関係」

市場購入価格

粗タンパク質

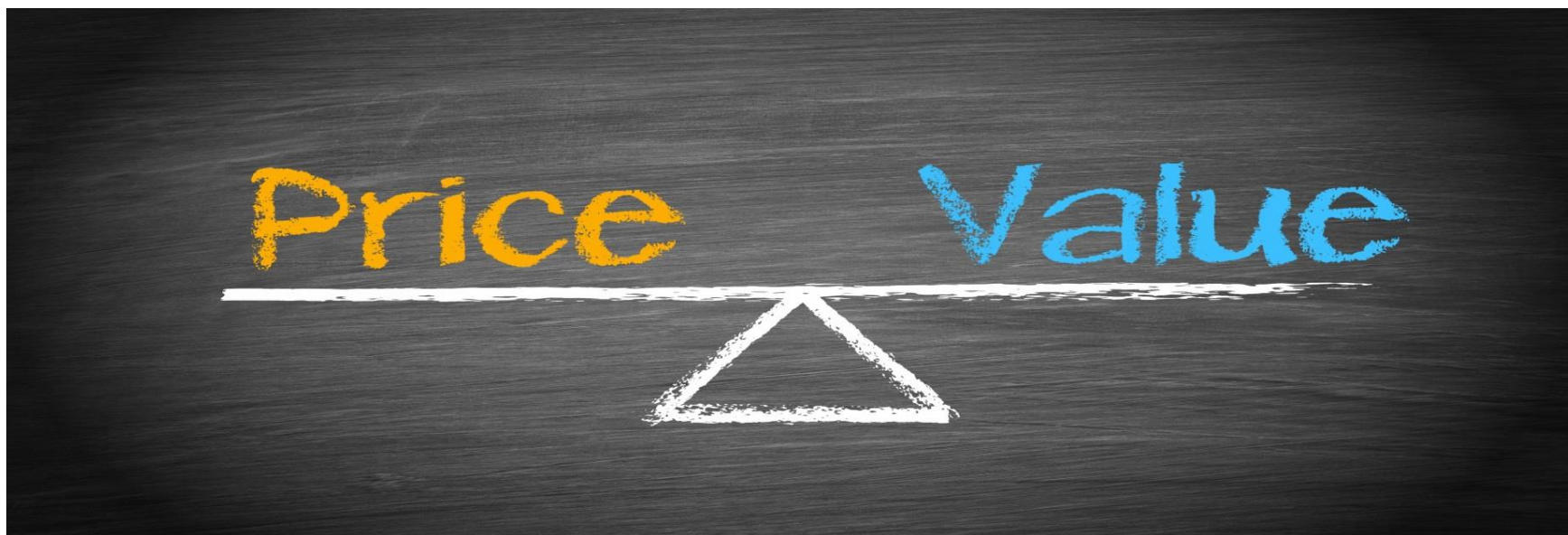
粗脂肪

飼料価値

代謝エネルギーまたは正味エネルギー

可消化アミノ酸

可消化リン



Economic value of DDGS in animal diets is greater than market price

	A	B	A - B
Crude protein, %	26.6	25.7	+0.4
Crude fat, %	5.8	8.7	-2.9
“Profat”, %	32.4	34.4	-2.0
Crude fiber, %	6.7	7.1	-0.4
Nutritional value for swine, \$/MT	279	219	+60

Prices used in comparison:

DDGS spot price = \$182/MT

Corn price = \$138/MT

Soybean meal price = \$343/MT

飼料中のDDGSの経済価値は 市場価格を上回る

	A	B	A - B
粗タンパク質 %	26.6	25.7	+0.4
粗脂肪 %	5.8	8.7	-2.9
「プロファット(粗タンパク質+粗脂肪)」 %	32.4	34.4	-2.0
粗繊維 %	6.7	7.1	-0.4
豚に給与した時の栄養価 \$/MT	279	219	+60

比較に用いた価格

DDGS スポット価格= \$182/MT

トウモロコシ価格= \$138/MT

大豆粕価格 = \$343/MT

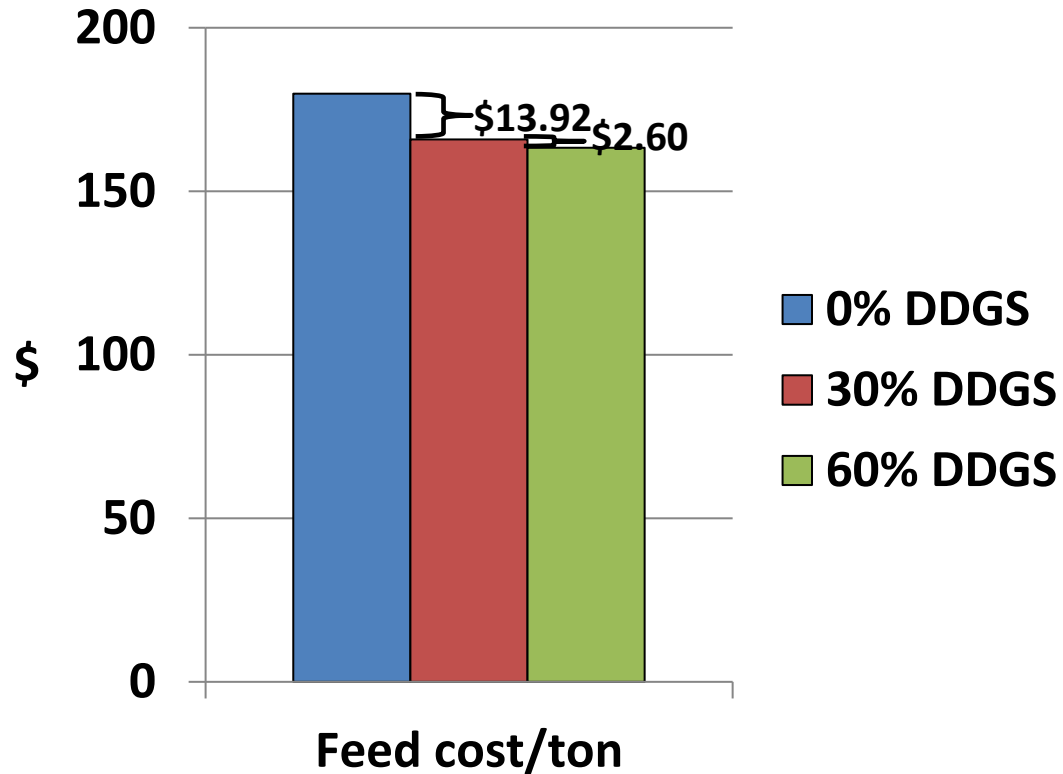
Metabolizable energy and digestible amino acid content is poorly correlated with crude protein and crude fat content of DDGS

	A	B	A - B
ME, kcal/kg	3,180	3,001	+171
NE, kcal/kg	2,278	2,141	+137
SID Lys, %	0.63	0.45	+0.18
SID Met, %	0.58	0.42	+0.16
SID Thr, %	0.86	0.62	+0.24
SID Trp, %	0.17	0.14	+0.03
Avail. Phosphorus, %	0.65	0.66	-0.01

DDGSの代謝エネルギーおよび可消化アミノ酸含量と、粗タンパク質および粗脂肪含量との相関は低い

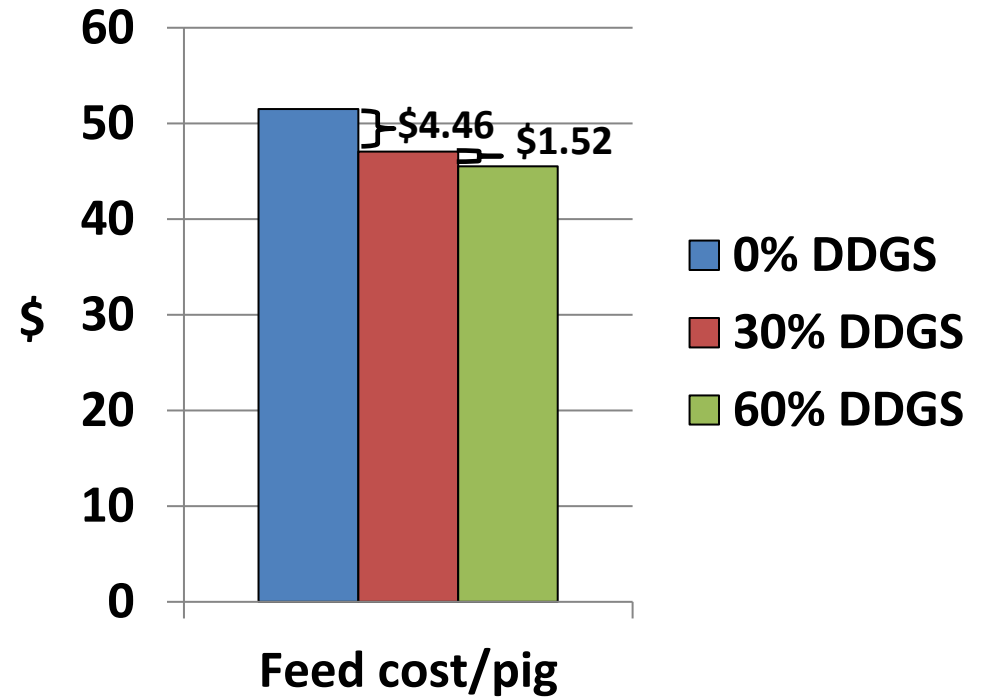
	A	B	A - B
ME (代謝エネルギー), kcal/kg	3,180	3,001	+171
NE (正味エネルギー), kcal/kg	2,278	2,141	+137
SID リジン, %	0.63	0.45	+0.18
SID メチオニン, %	0.58	0.42	+0.16
SID トレオニン, %	0.86	0.62	+0.24
SID トリプトファン, %	0.17	0.14	+0.03
有効リン, %	0.65	0.66	-0.01

Cost savings of a 4-phase swine grower-finisher feeding program using DDGS at average ingredient prices in 2018



Feed ingredient prices

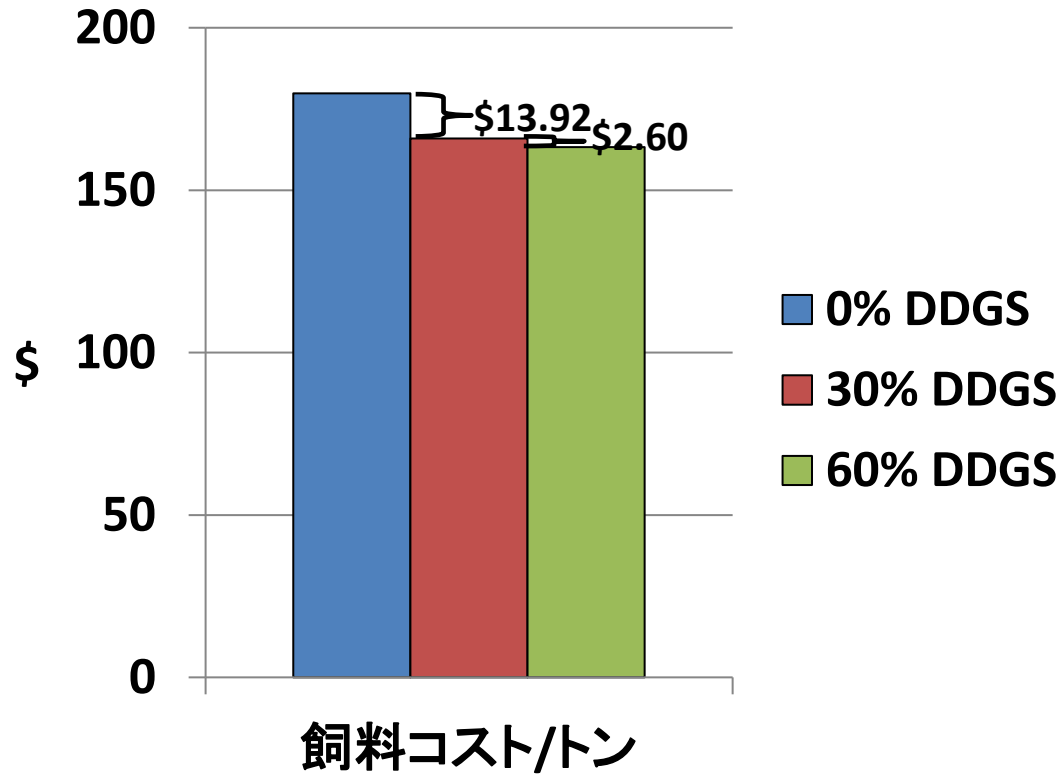
- corn (\$129/ton)
- soybean meal (\$341/ton)
- DDGS (\$142/ton)



Feed cost/pig

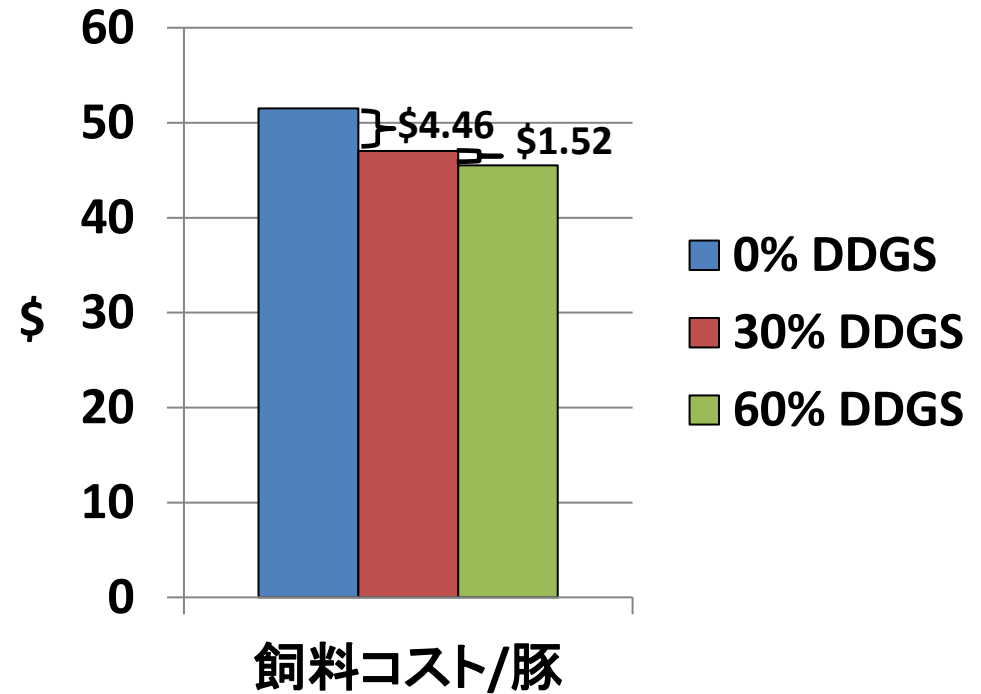
- 113 days on feed
- 581 lbs feed consumed/pig

豚において育生期から仕上期までが4フェーズの給与プログラムでのコスト節減、2018年のDDGS平均原料価格を用いた場合



飼料原料価格

- トウモロコシ (\$129/トン)
- 大豆粕 (\$341/トン)
- DDGS (\$142/トン)



飼料コスト/豚1頭当たり

- 給与期間113日
- 1頭当たりの飼料消費量581ポンド

Opportunities for feed cost savings/pig from feeding DDGS diets to growing-finishing pigs in 2018

Ingredient prices	30% DDGS	60% DDGS	Cumulative
Highest	- \$4.42	- \$1.43	- \$5.85
Average	- \$4.46	- \$1.52	- \$5.98
Lowest	- \$6.33	- \$4.36	- \$10.69

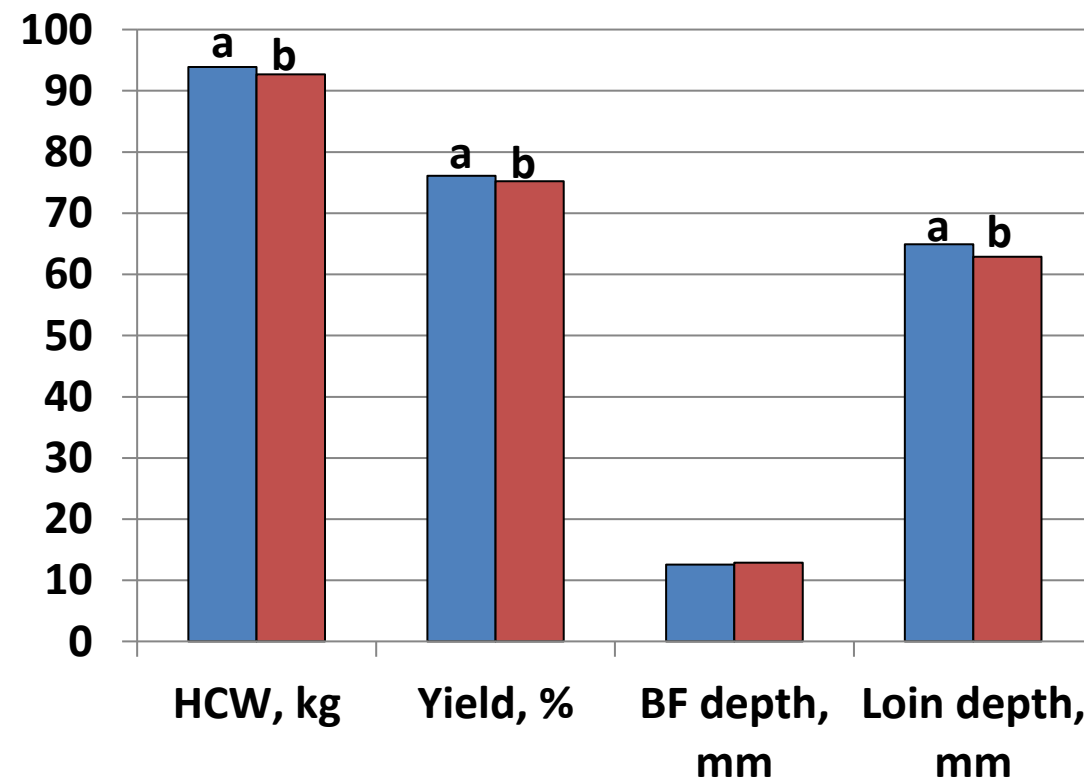
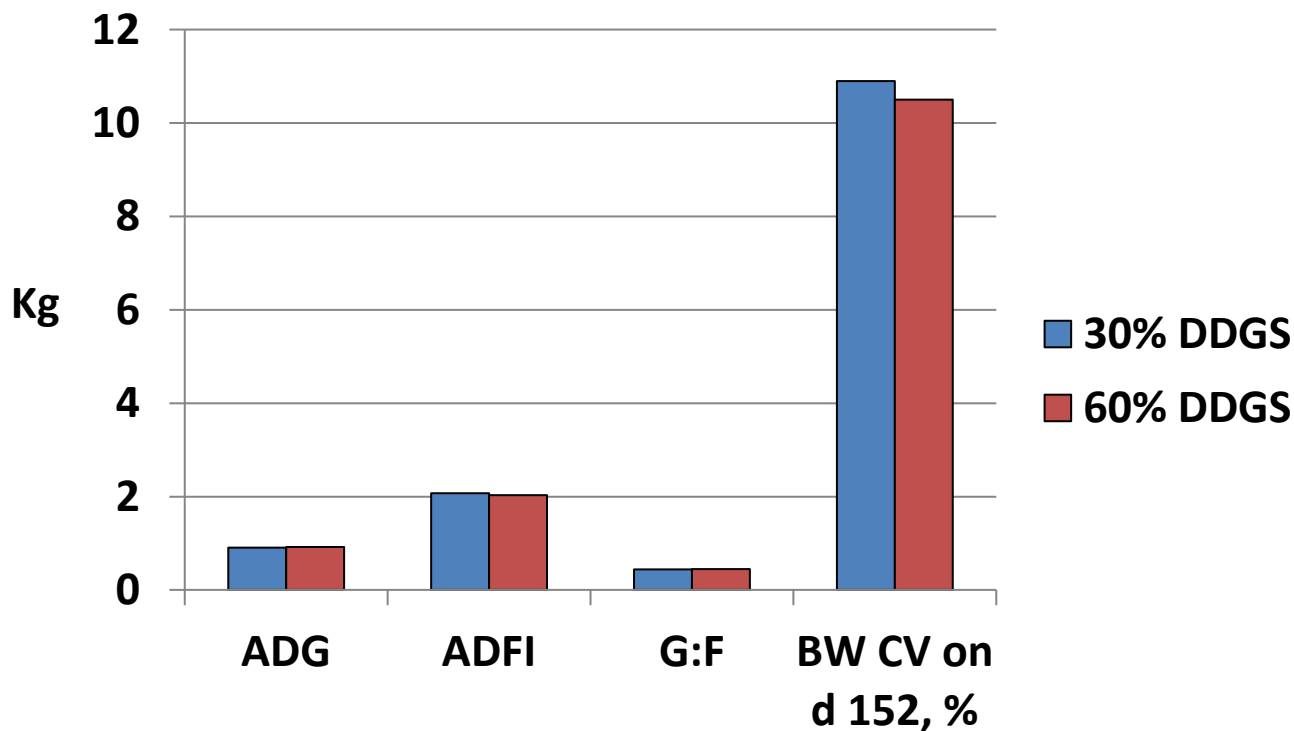
\$/ton	Highest	Average	Lowest
Corn	144	129	125
Soybean meal	388	341	313
DDGS	172	142	111

DDGS飼料を給与した場合の飼料コストの節減効果 2018年生育期-仕上期の豚1頭当たり

原料価格	30% DDGS	60% DDGS	累積
最高	- \$4.42	- \$1.43	- \$5.85
平均	- \$4.46	- \$1.52	- \$5.98
最低	- \$6.33	- \$4.36	- \$10.69

\$/トン	最高	平均	最低
トウモロコシ	144	129	125
大豆粕	388	341	313
DDGS	172	142	111

Feed cost savings is driving the use of higher DDGS inclusion rates in growing-finishing pig diets in the U.S.



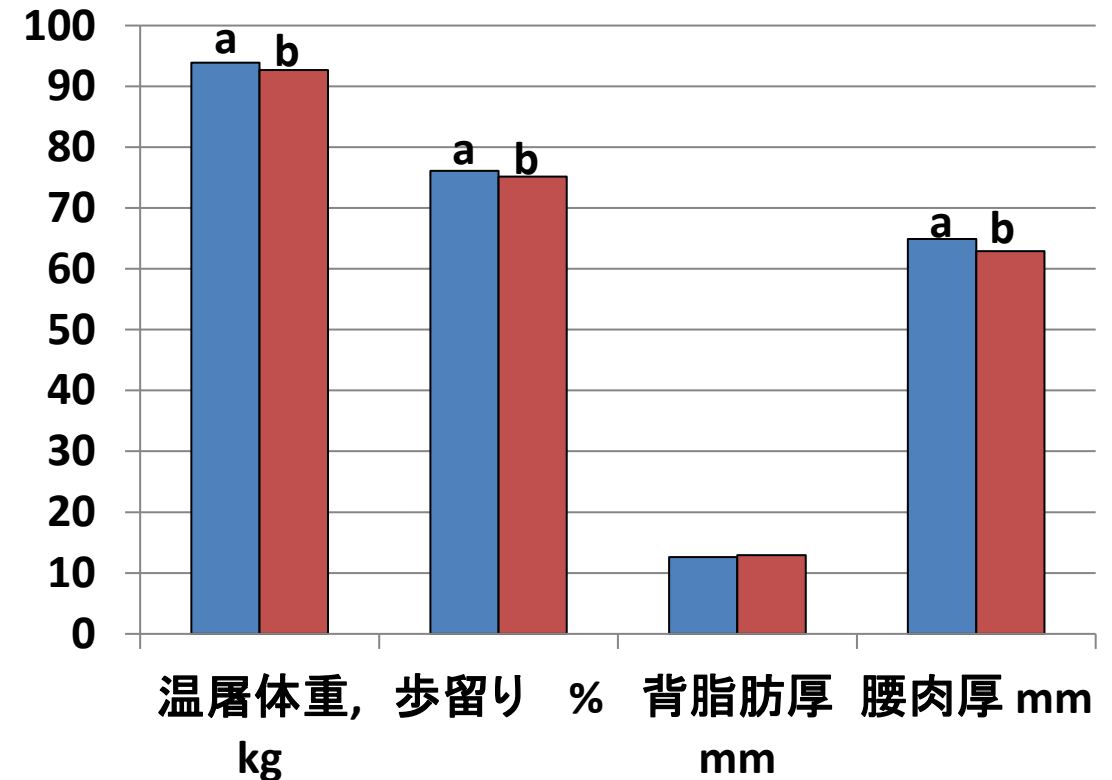
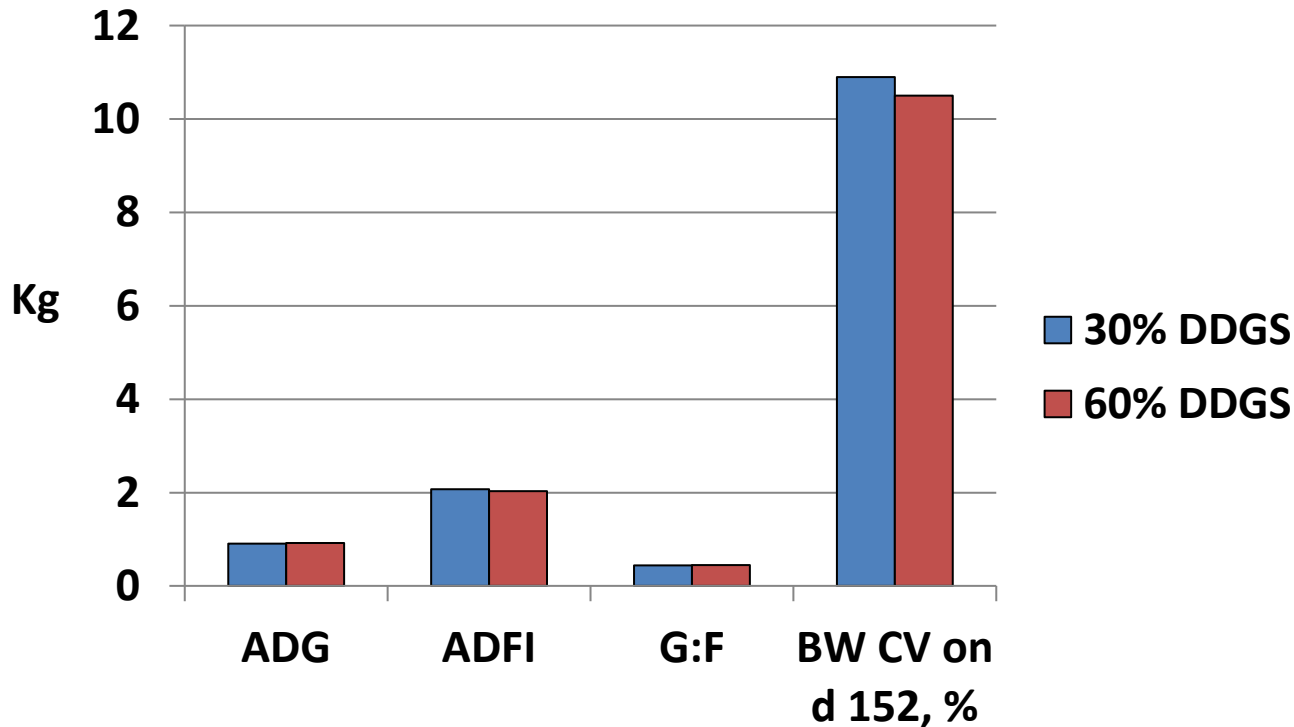
Grower-finisher (d 56-155)

1,860 pigs in commercial facility

^{a,b}Means with different letters differ (P < 0.05)

Weber et al. (2015)

飼料コストの節減が追い風となり、米国では 生育期-仕上期豚用飼料へのDDGS配合率が上昇している



生育期-仕上期 (56-155日)
商業施設の豚1,860頭

^{a,b}異なる文字は有意差があることを示す(P < 0.05)

Weber et al. (2015)

Common dietary DDGS inclusion rates in U.S. commercial swine diets

Production phase	Diet inclusion rate, %
Starter (> 7 kg BW)	5 – 20
Grower	10 – 30
Finisher	10 – 30
Gestation	20 – 50
Lactation	10 – 30



米国における豚用飼料への一般的なDDGS配合割合

給与時期	配合量、%
幼齢期(> 7 kg BW)	5 – 20
育成期	10 – 30
仕上期	10 – 30
妊娠期	20 – 50
泌乳期	10 – 30



Potential inclusion rate and feed formulation constraints for DDGS in swine diets

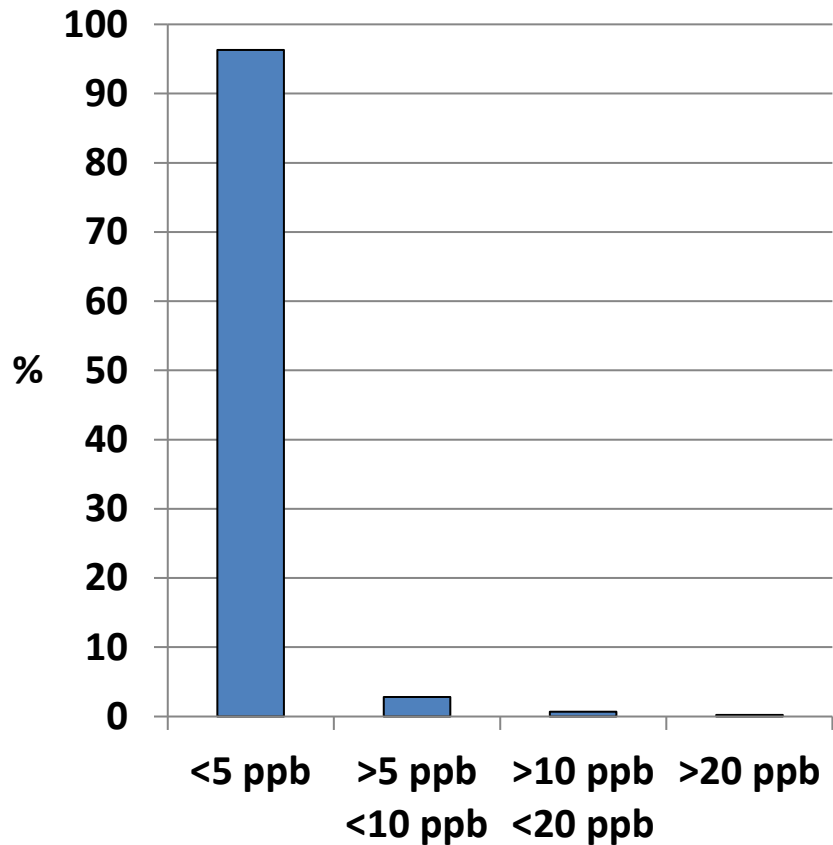
Potential constraint	Potential outcome
Excess Leu/BCAA imbalance	Reduction in growth performance at high (> 30%) inclusion rates without amino acid adjustments
High oil content	Reduced pork fat quality at high(> 30%) inclusion rates due to linoleic acid deposition in adipose tissue
High NDF content	May limit feed intake in growing pigs at high (> 30%) inclusion rates due to gut fill and may reduce carcass dressing percentage
Pellet quality/mill throughput	Low starch, high fiber and oil content reduces PDI and mill throughput when added at high inclusion rates
Mycotoxins	Generally not a concern unless adverse corn growing or harvest conditions

豚用飼料への配合が可能と考えられるDDGSの配合率と飼料設計上の制約

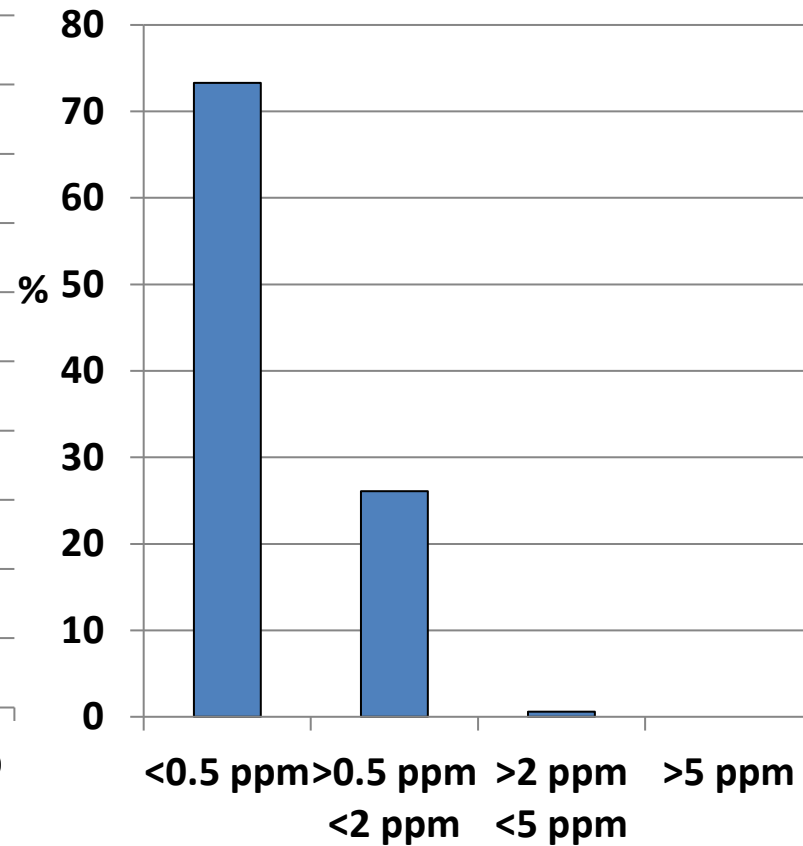
予想される制約	予想される結果
ロイシンと分岐鎖アミノ酸 (BCAA) の過度なアンバランス	アミノ酸を調整せずに配合量を高めた場合 (> 30%) に発育成績が低下する。
高脂質含量	配合量を高めた場合 (> 30%)、脂肪組織へのリノール酸の蓄積により脂肪の品質が低下する。
高NDF含有	配合量を高めた場合 (> 30%)、腸内膨満感により飼料摂取量が制限される可能性があり、枝肉歩留りが低下する恐れがある。
ペレット品質 / 工場処理能力	配合を高めた場合、低デンプン、高繊維、高脂質含量によりペレット耐久指数 (PDI) 画低下し、工場処理能力が低下する。
カビ毒	トウモロコシの生育期状況または収穫時状況に問題がなければ、通常は懸念対象とならない。

Prevalence and concentrations of mycotoxins in 2019 U.S. corn

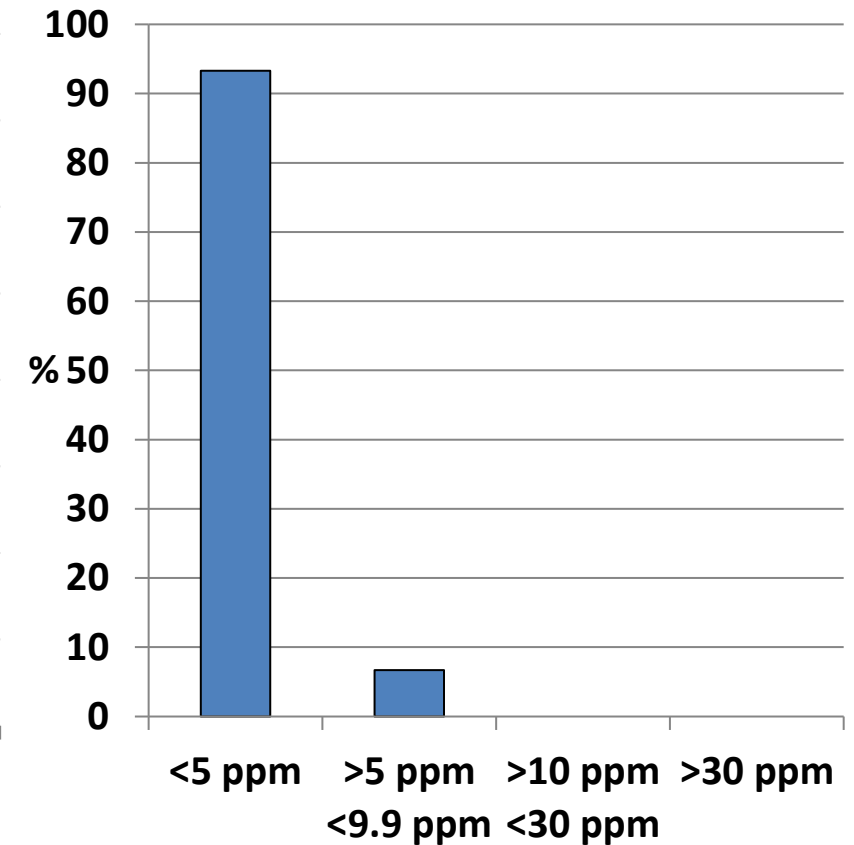
Aflatoxins



DON



Fumonisin

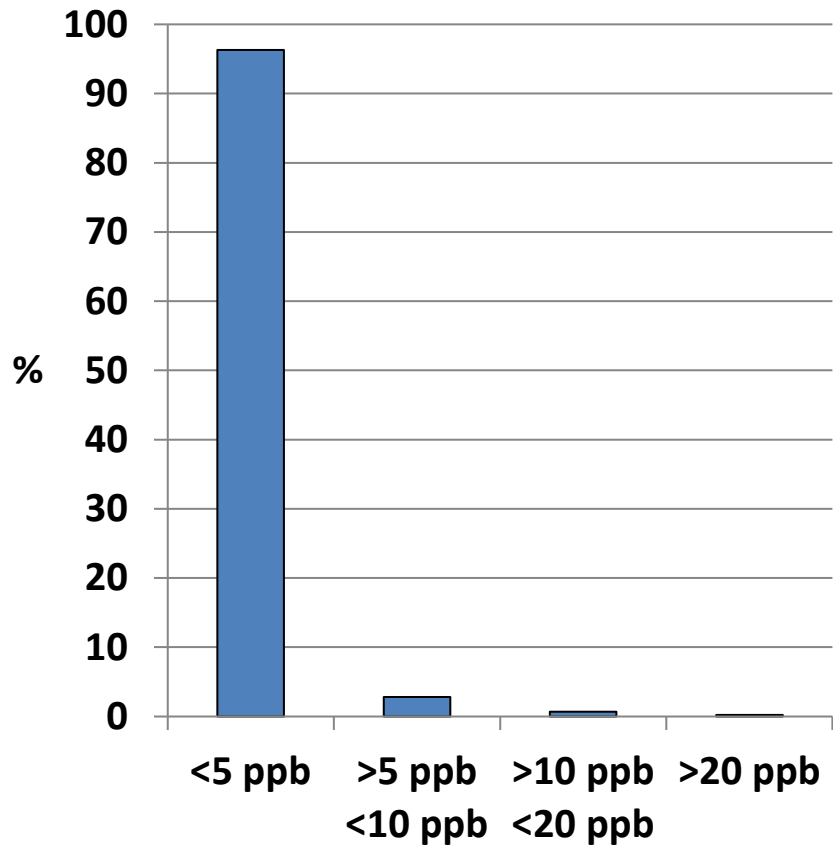


n = 180 corn samples

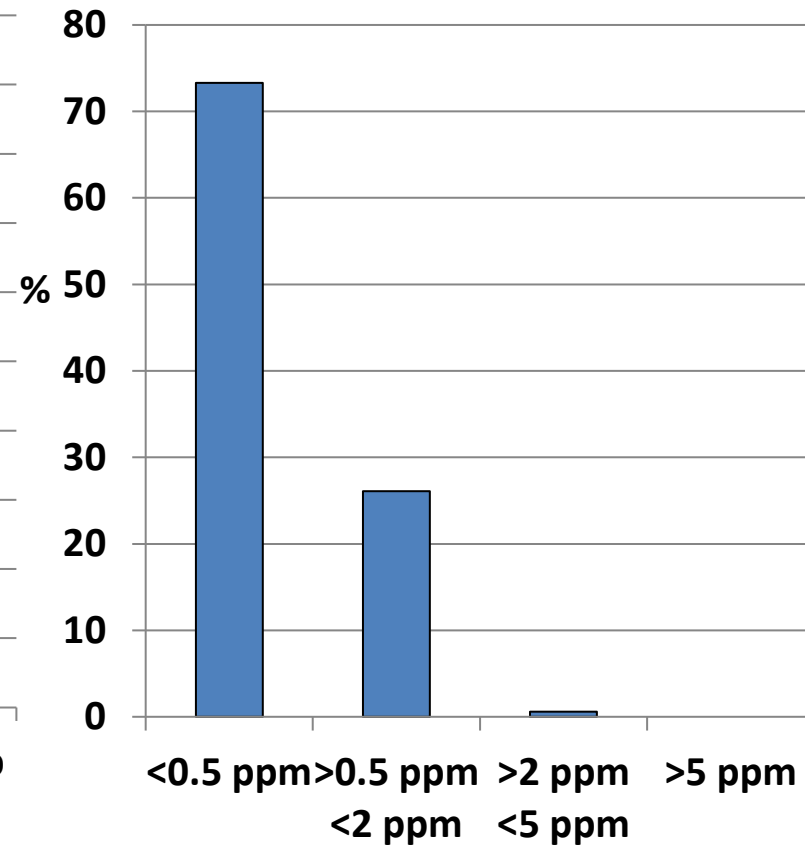
Source: 2019/2020 U.S. Grains Council Corn Quality Report

2019年米国産トウモロコシのカビ毒汚染と汚染濃度

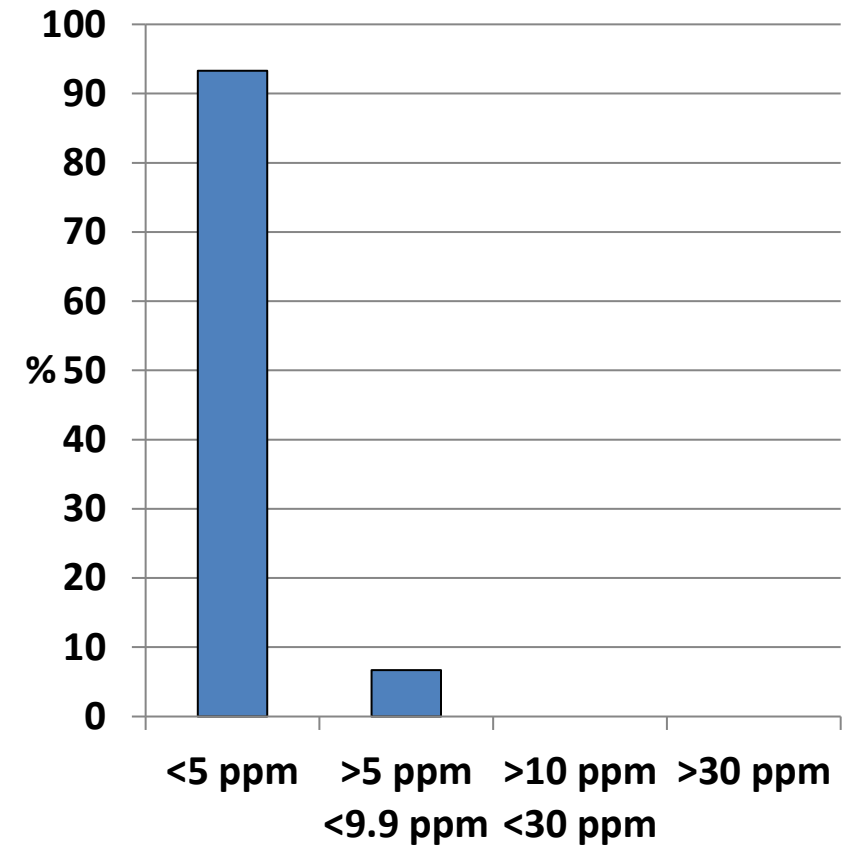
アフラトキシン



デオキシニバレノール



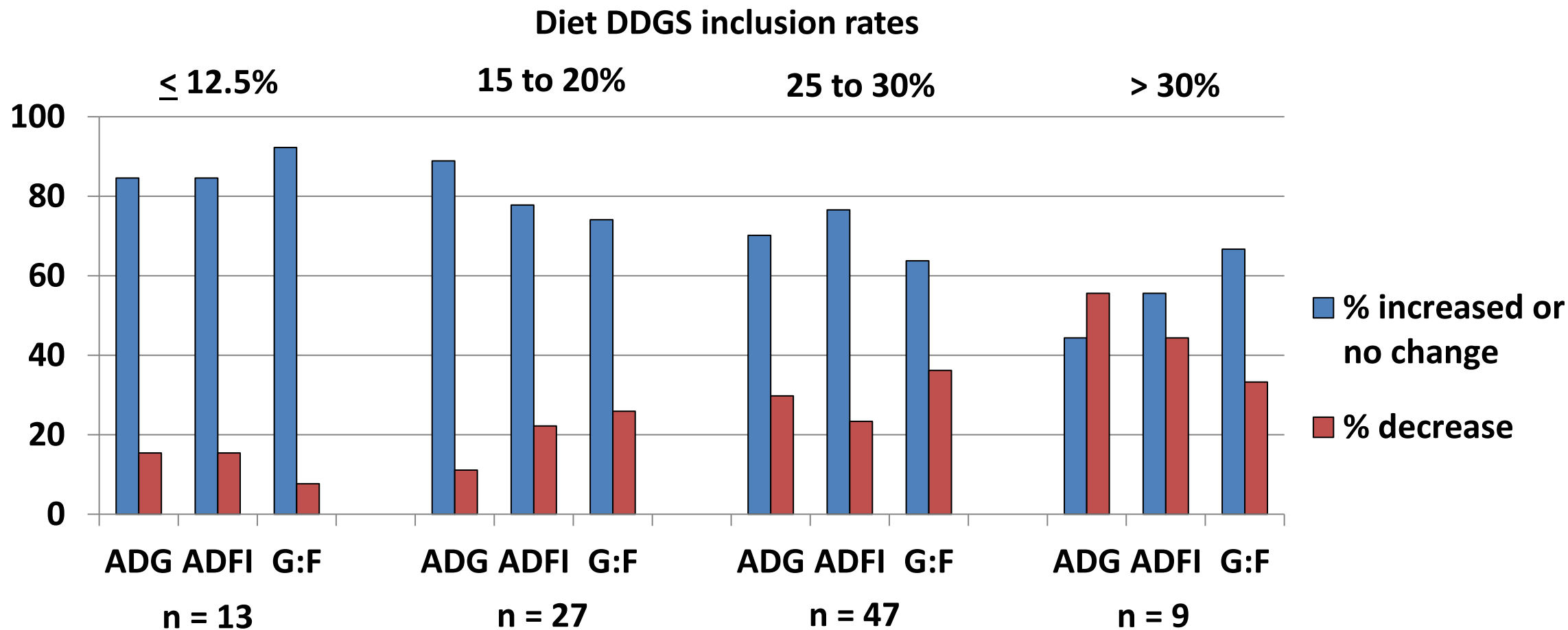
フモニシン



n = 180 件のトウモロコシサンプル

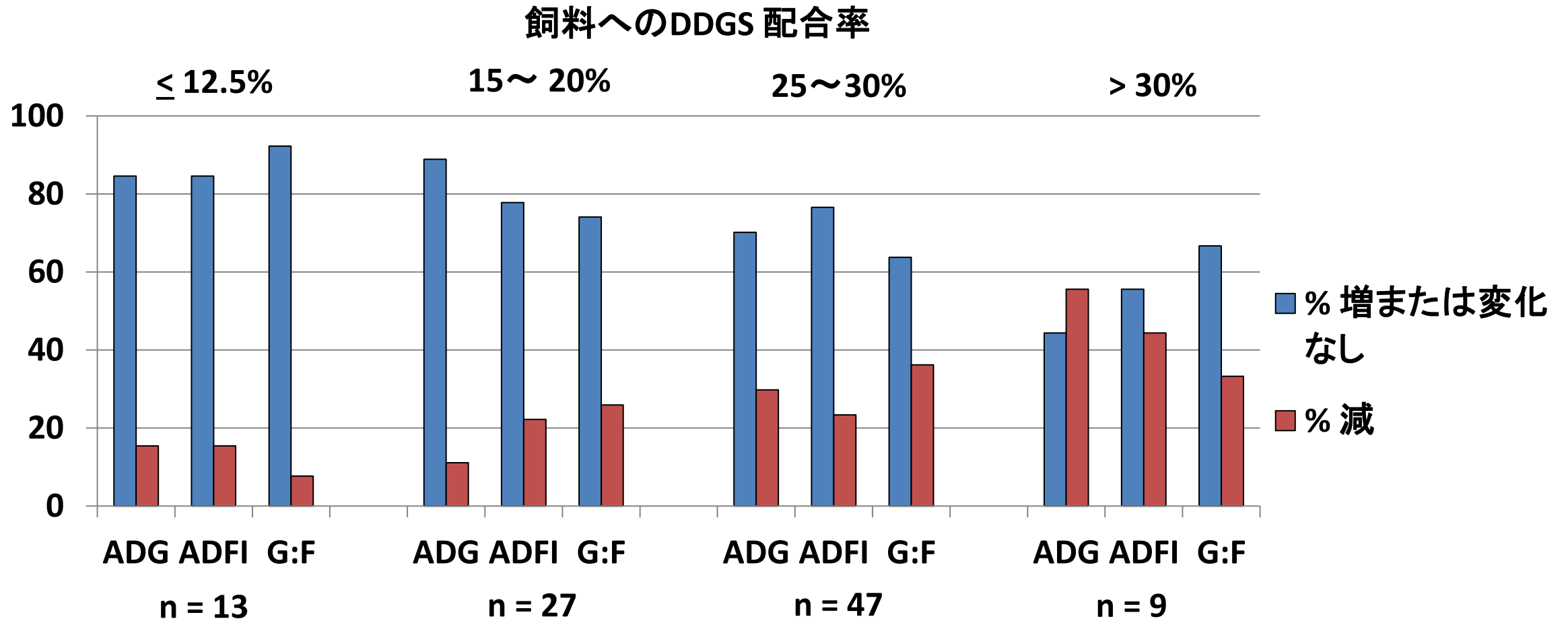
出典: 2019/2020 U.S. Grains Council Corn Quality Report

Summary of growth performance responses with increasing DDGS inclusion rates in nursery and growing-finishing diets



96 observations from 27 published studies since 2010

幼齡期と生育-仕上期用飼料へのDDGS配合率を引き上げた場合の豚の発育成績反応のまとめ



2010年以降に発表された27件の試験から96例を検討

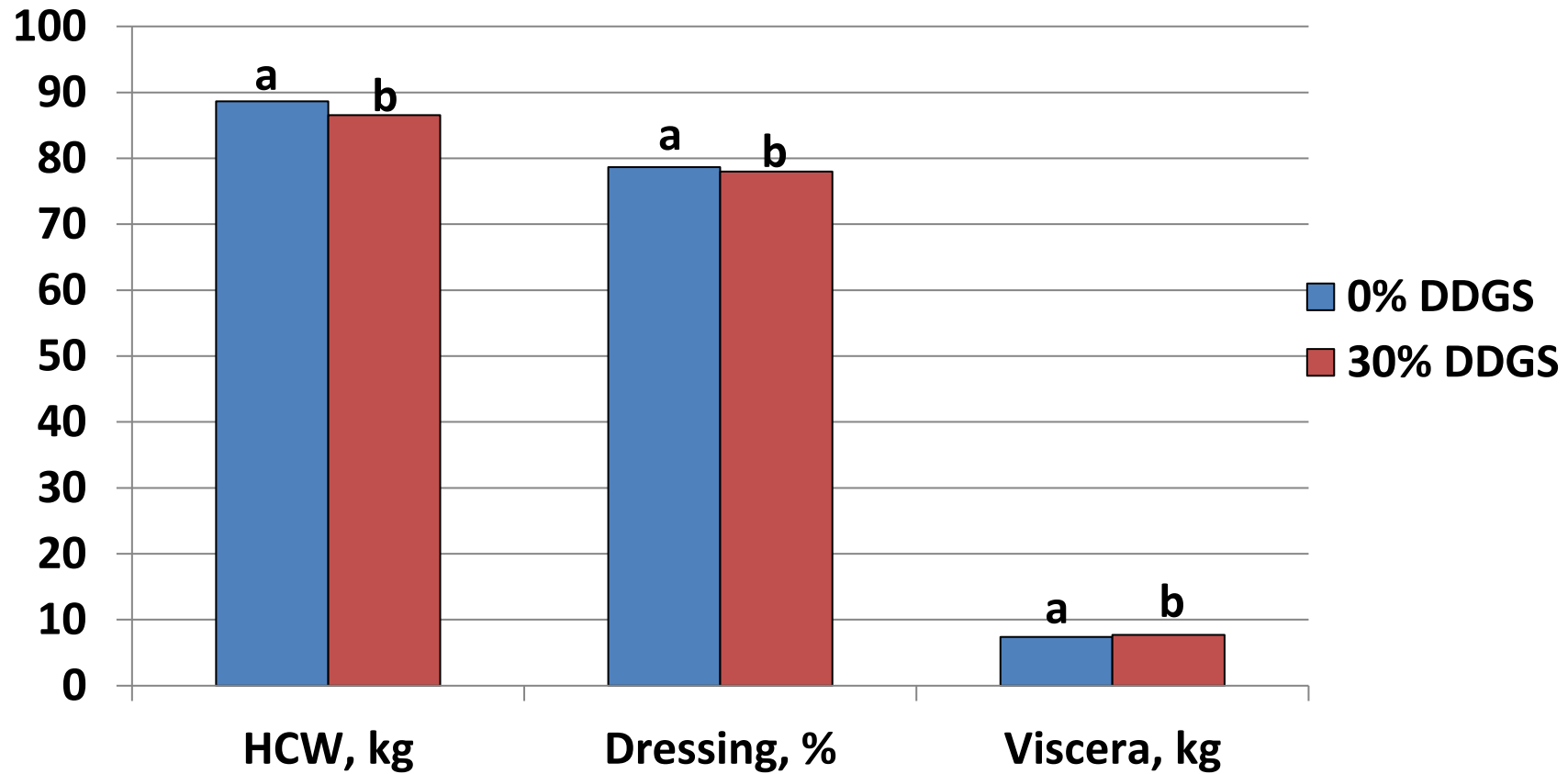
Effects of feeding DDGS on carcass characteristics



DDGS給与が豚の枝肉特性に及ぼす影響

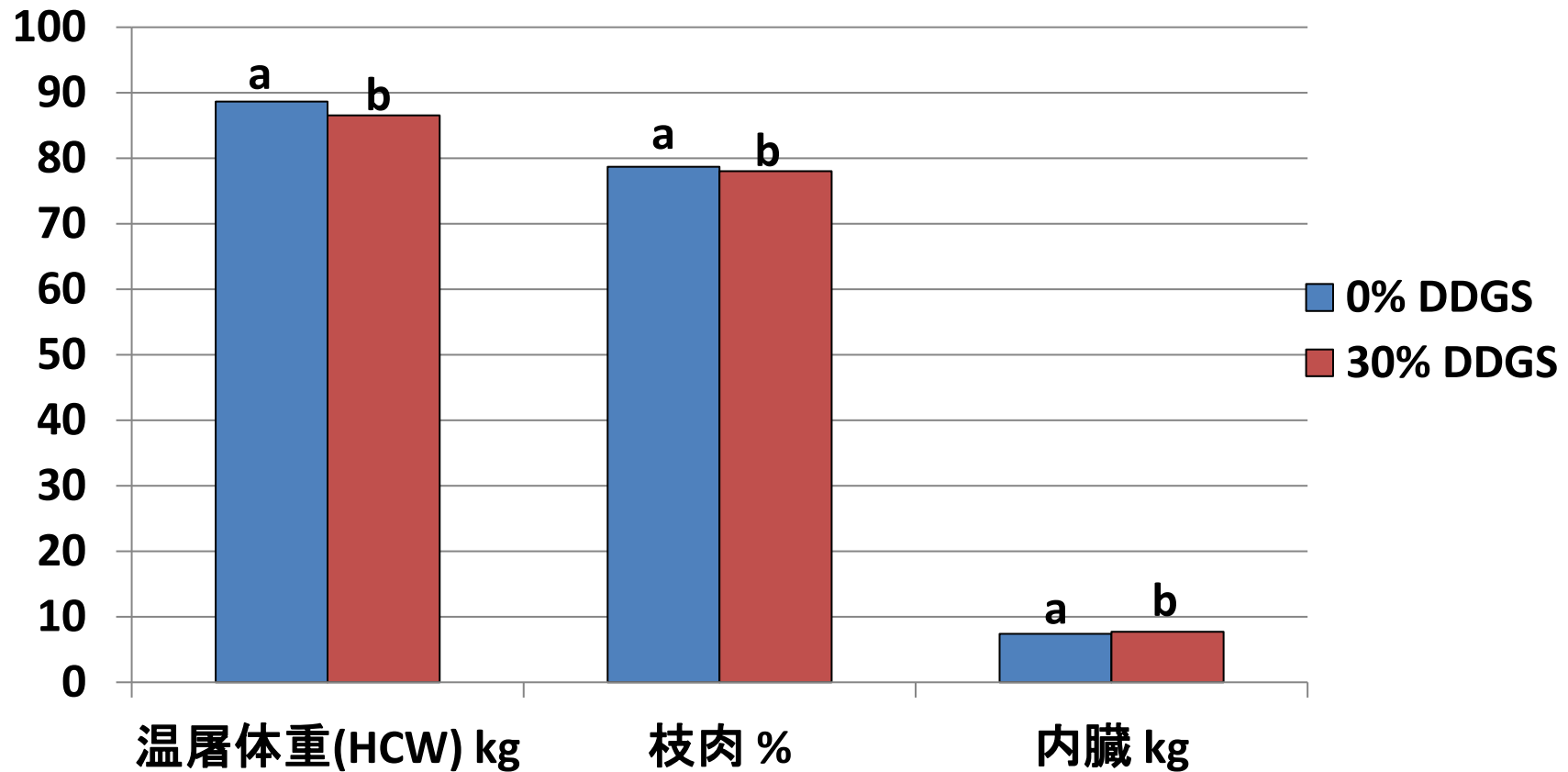


Feeding 30% DDGS diets reduces carcass yield



Overholt et al. (2016)

DDGSを30%配合した飼料の給与による枝肉歩留まりの低下



Overholt et al. (2016)

**Feeding DDGS diets to
growing-finishing pigs
does not affect meat
quality and eating
characteristics**



生育期-仕上期の豚への
DDGS給与は豚肉品質
および食味特性に影響を
及ぼさない



Feeding DDGS diets reduces pork fat firmness



Fresh belly from feeding corn-soybean meal diets



Fresh belly from feeding 30% DDGS diets

Managed by:

- **Feeding reduced-oil DDGS sources**
- **Withdrawal of DDGS from the diet before slaughter**
- **Formulating diets to control total PUFA intake**
- **Limit diet inclusion to 20%**
- **Using pork fat IV prediction equations**
- **Supplement diets with Lipinate™ or conjugated linoleic acid (CLA)**

DDGS飼料の給与は豚肉脂肪のしまりを低下させる



トウモロコシ-大豆粕飼料を給与した場合の生バラ肉



30%DDGS飼料を給与した場合の生バラ肉

管理方法

- 低脂肪DDGSを給与
- 屠畜前の飼料からDDGSを除去
- 総PUFA (多価不飽和脂肪酸) 摂取量を管理する飼料設計
- 配合率を20%に制限する
- 豚肉脂肪のIV (ヨウ素価) 予測式を使用
- Lipinate™ またはCLA (共役リノール酸)を補給

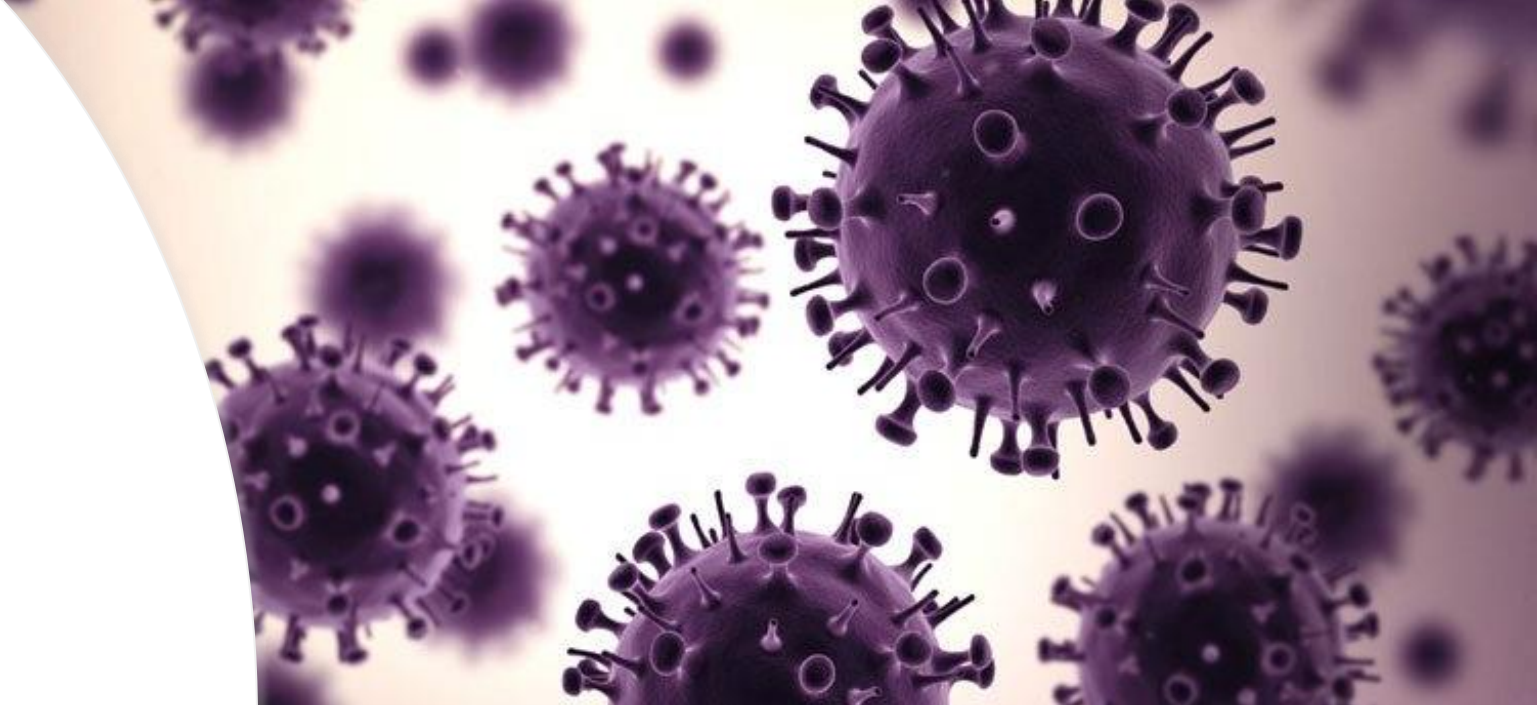


Swine health benefits of DDGS

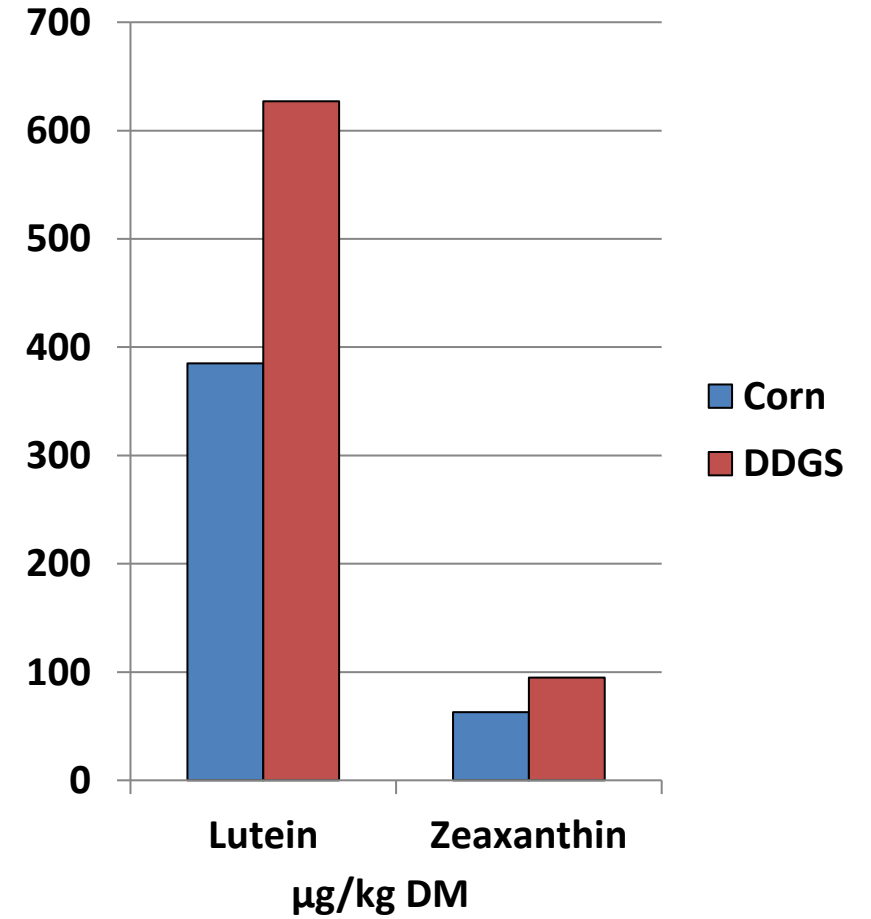
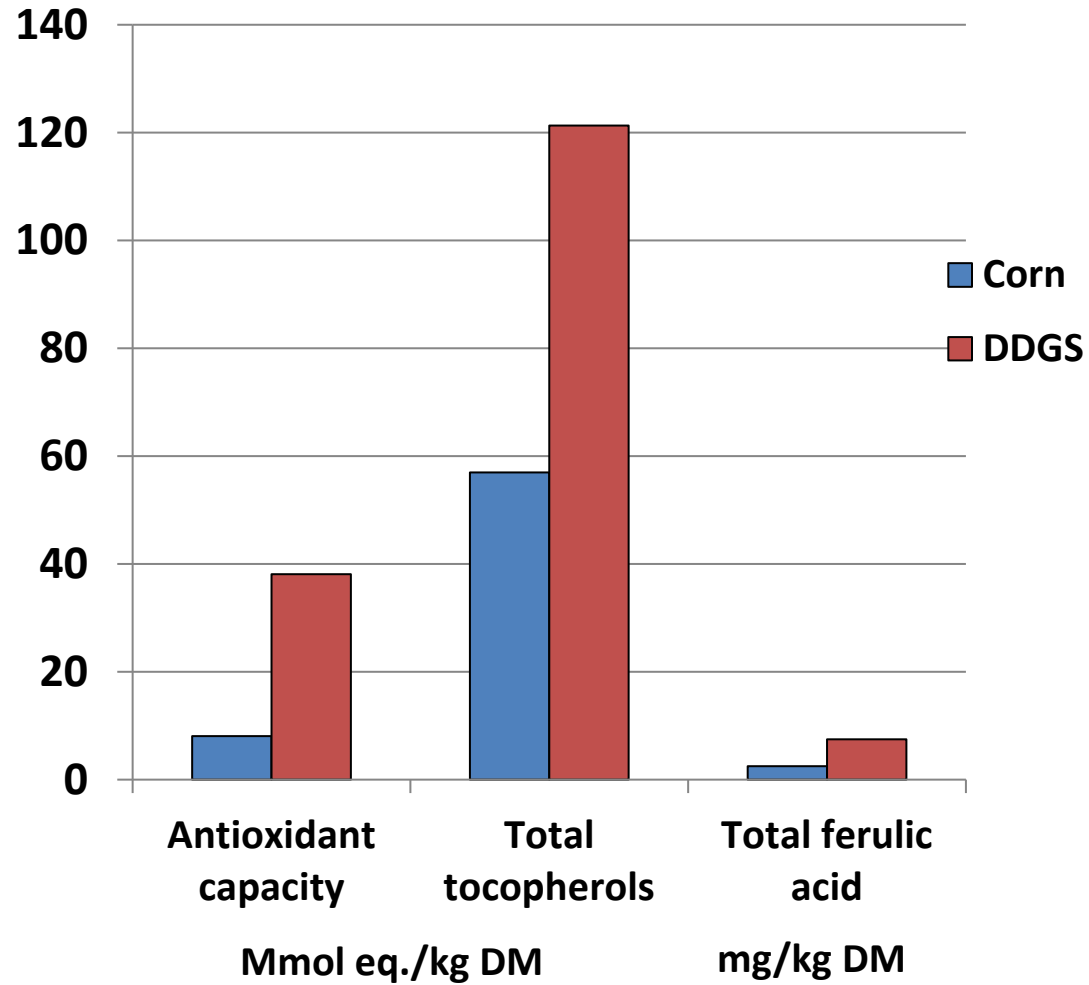




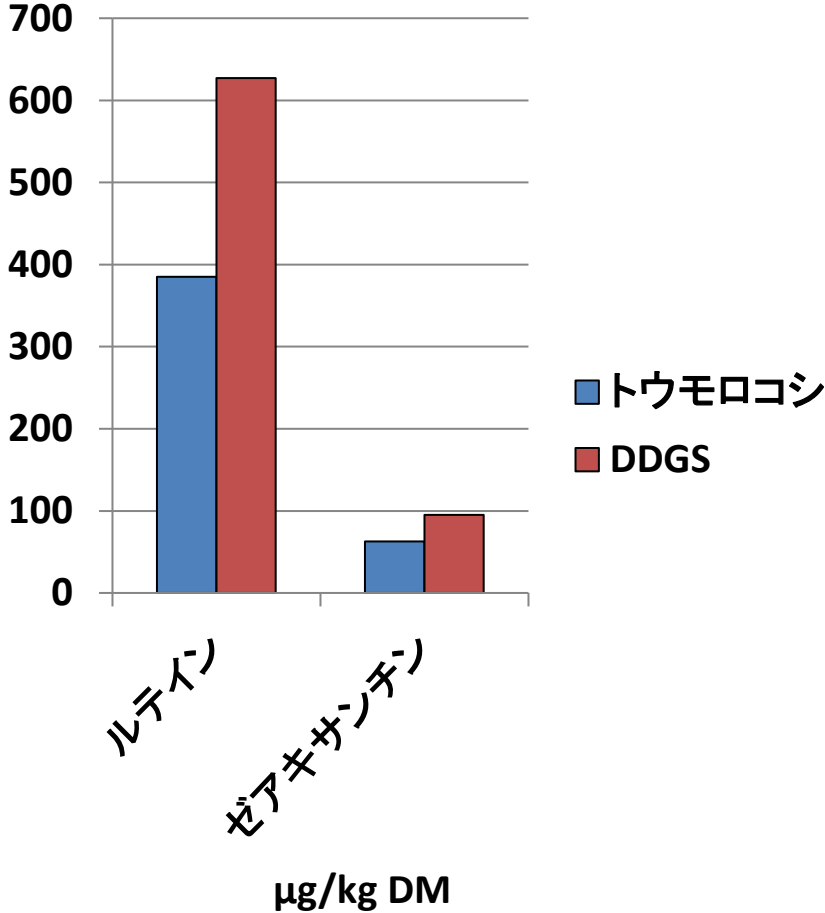
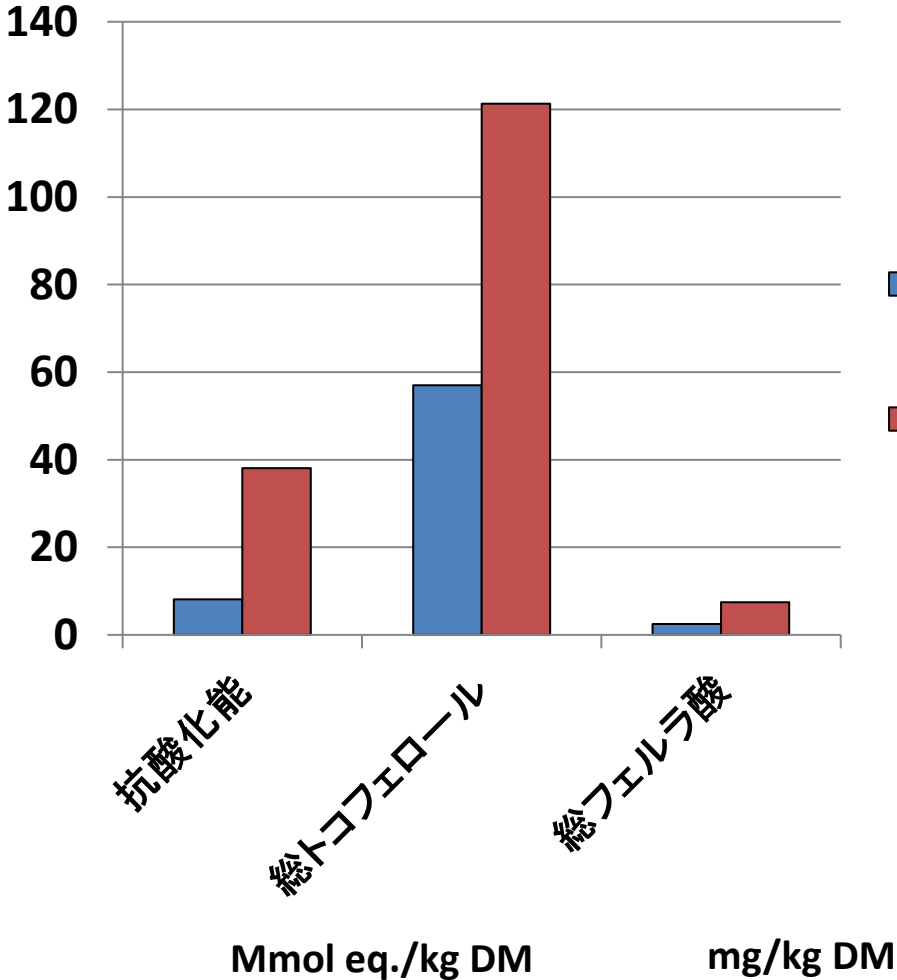
DDGS給与による 豚の健康上のメリット



DDGS contains important natural antioxidants that are effective in reducing oxidative stress

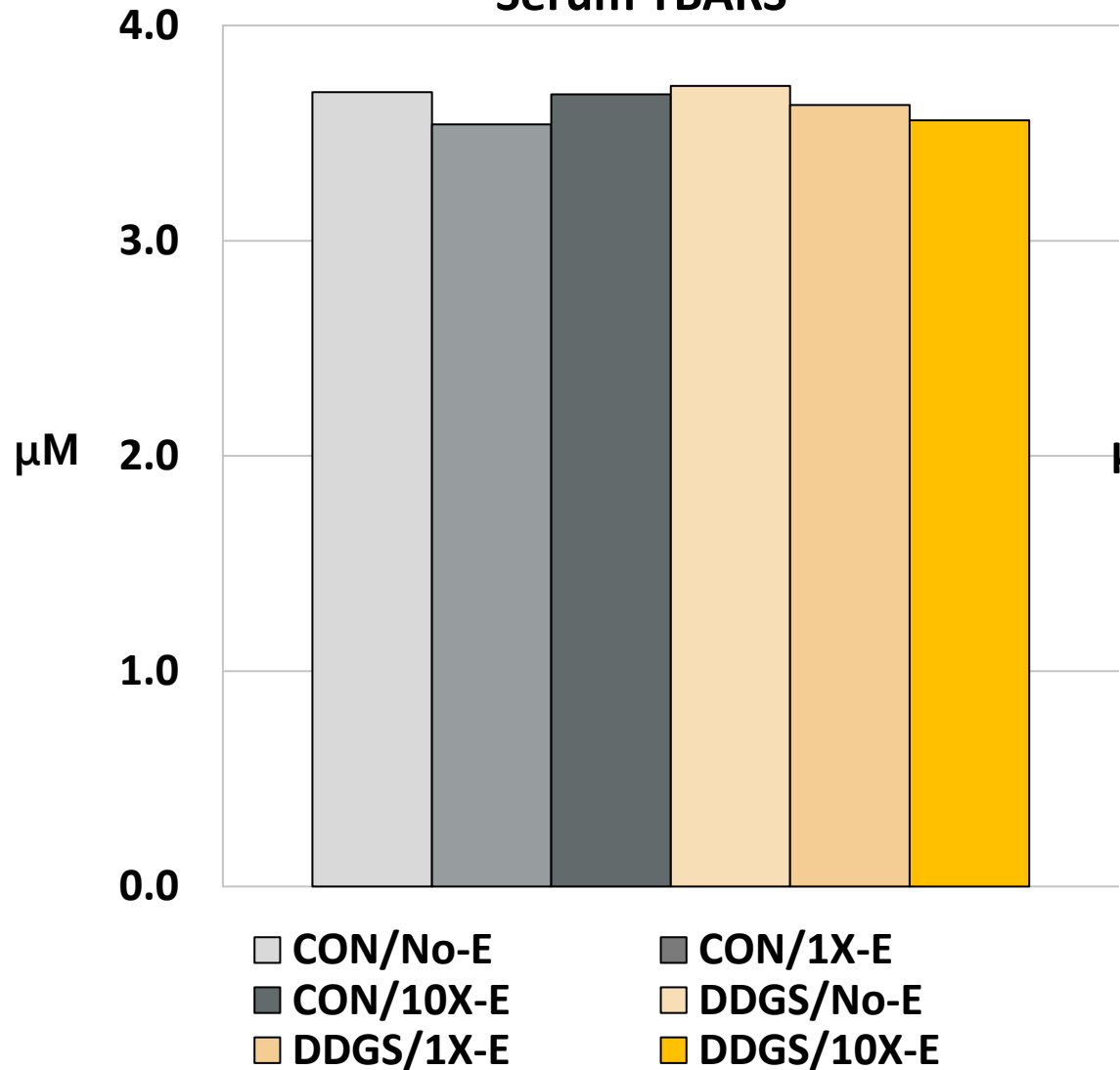


DDGSには酸化ストレス低減効果がある 重要な天然抗酸化成分が含まれている

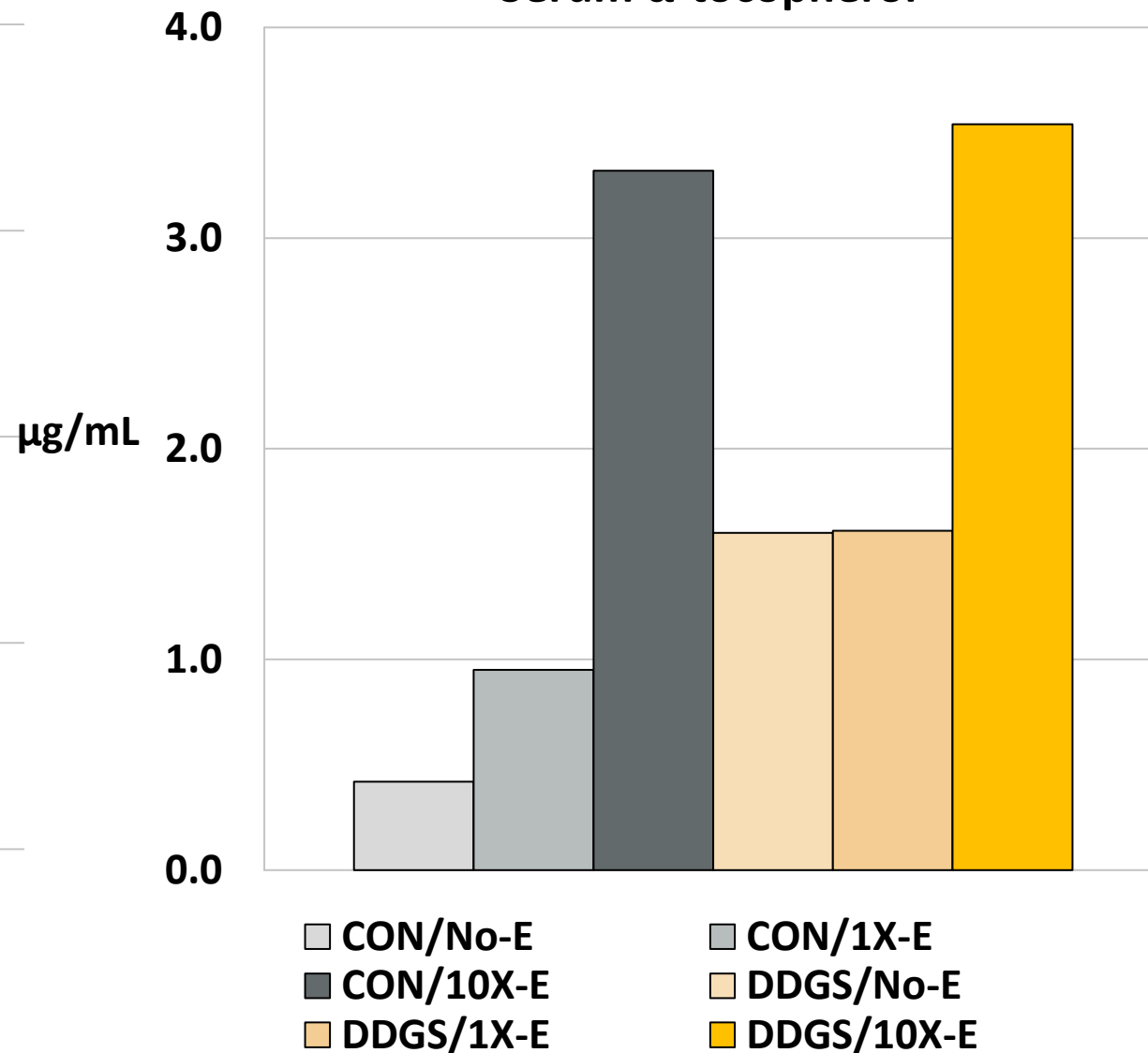


Feeding DDGS improves oxidation status in pigs

Serum TBARS

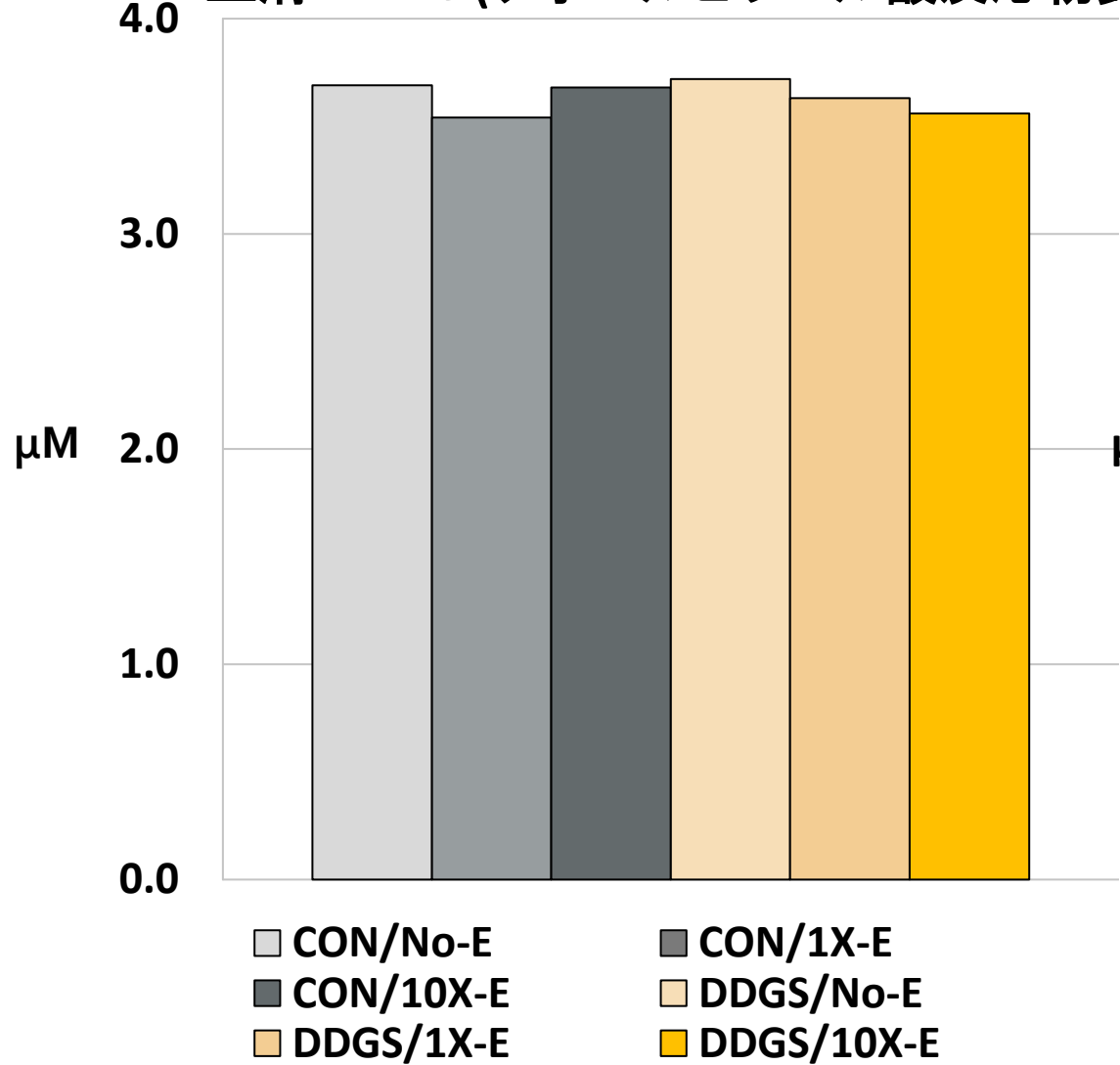


Serum α -tocopherol^{a,b}

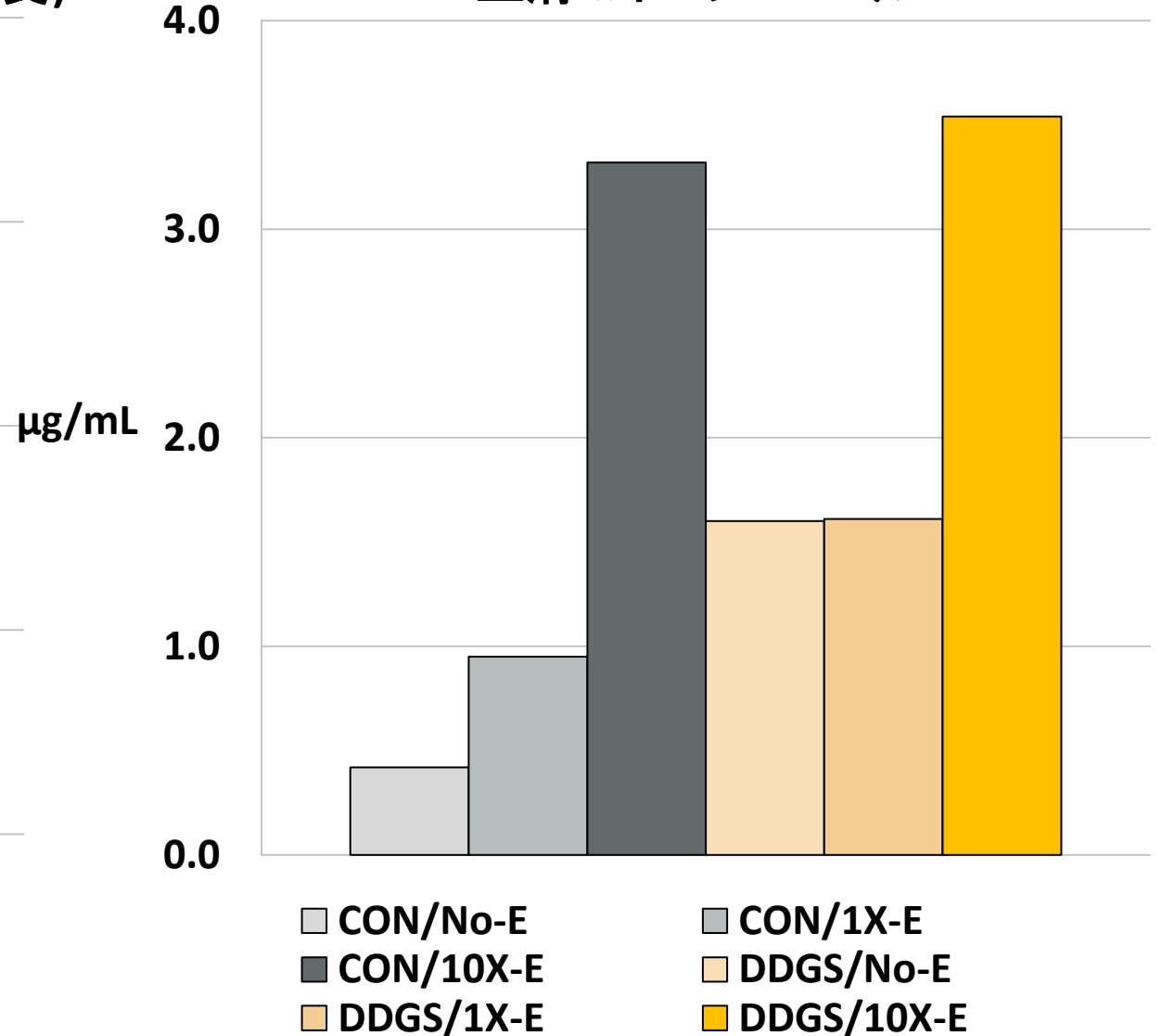


DDGS給与による豚の酸化状態の改善

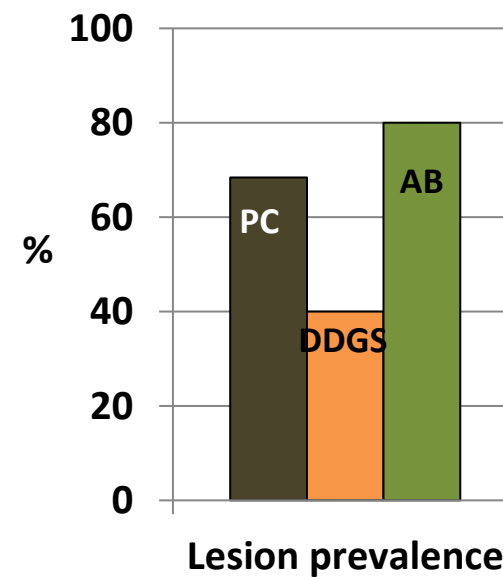
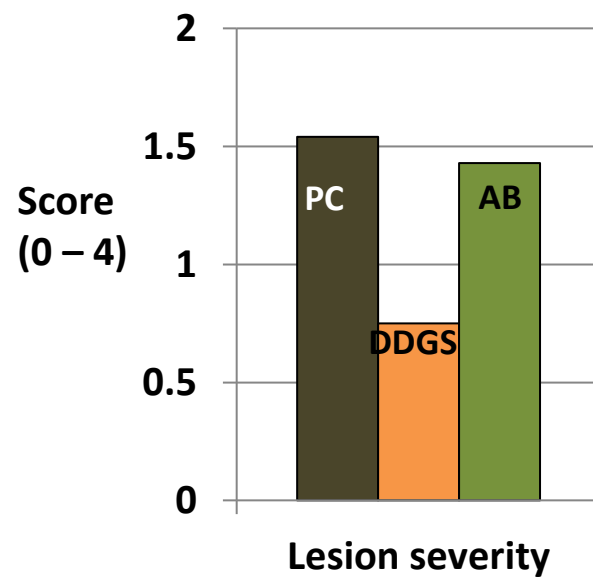
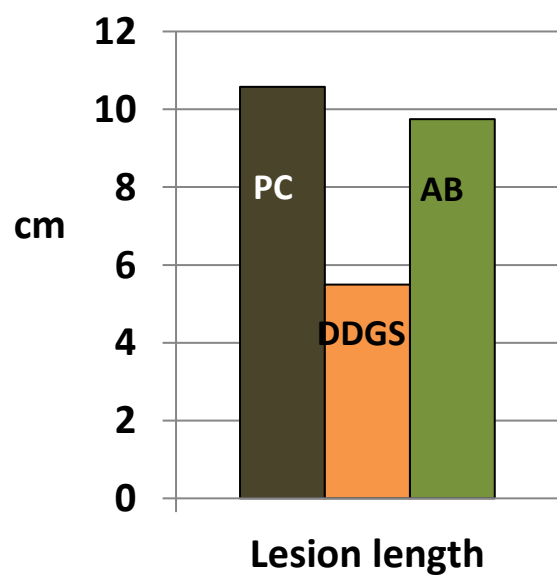
血清 TBARS (チオバルビツール酸反応物質)



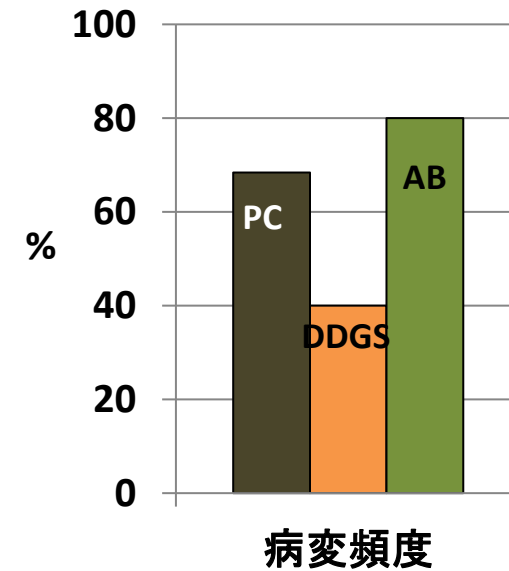
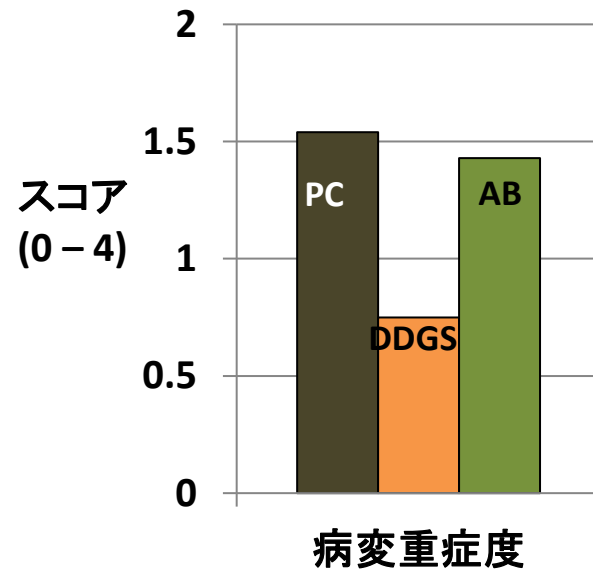
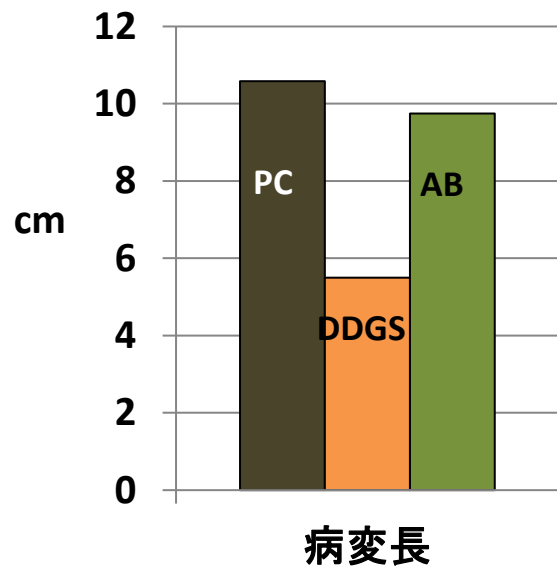
血清 α-トコフェロール^{a,b}



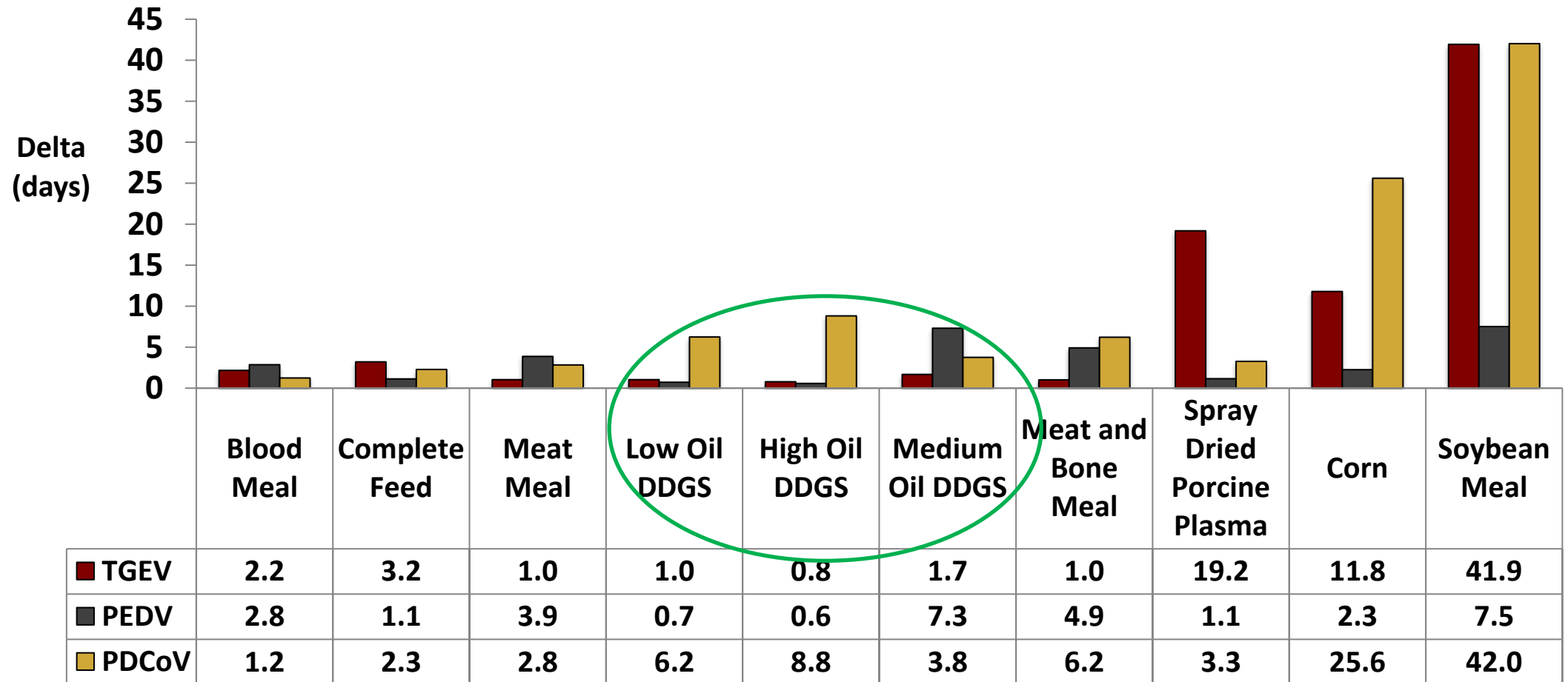
Feeding DDGS reduces intestinal lesions in pigs infected with *Lawsonia intracellularis*



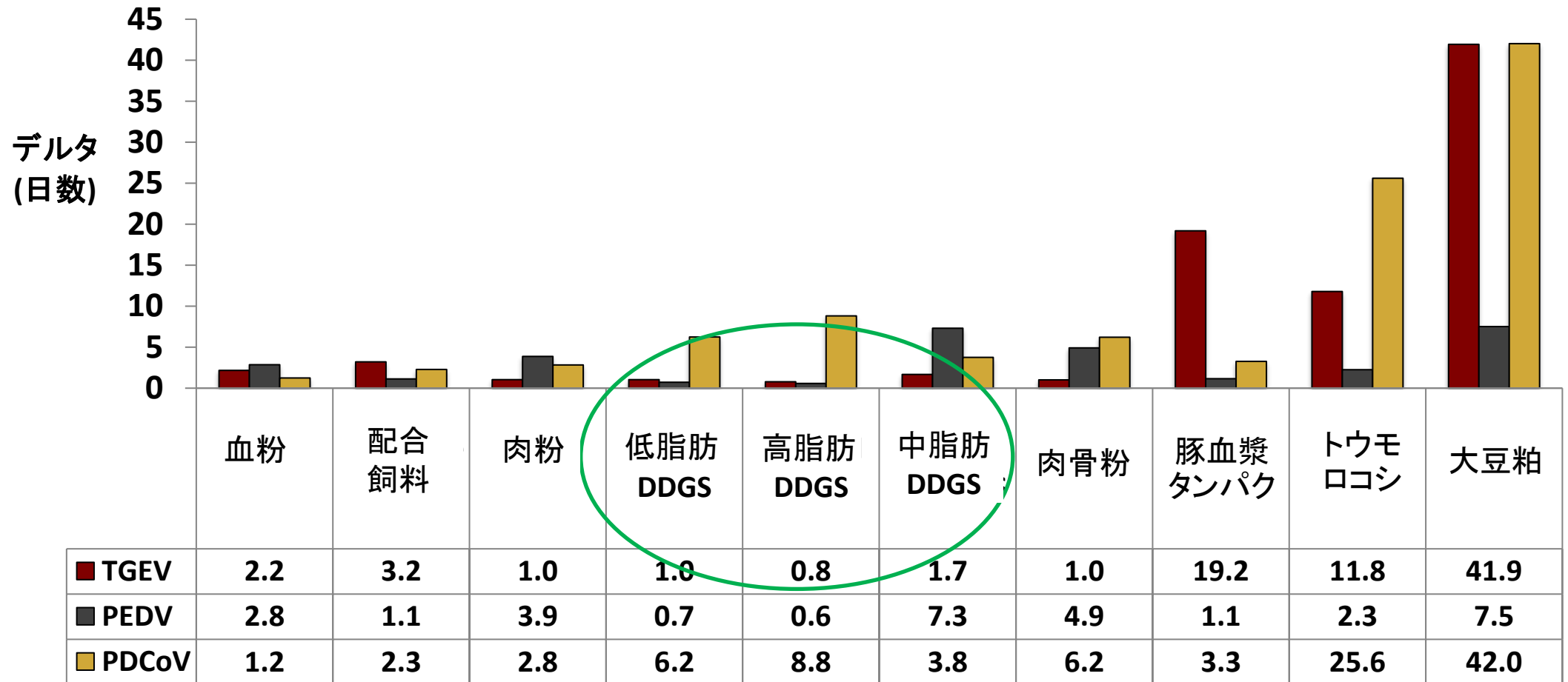
DDGSの給与はローソニア感染症に感染した豚の腸管病変を低減させる



DDGS is low risk for corona virus transmission compared with other feed ingredients



DDGSは他の飼料原料よりもコロナウイルスの 伝播リスクが低い



African Swine Fever Virus does not survive in DDGS during Trans-Pacific and Trans-Atlantic shipment

Virus	Soybean Meal	DDGS	Lysine	Choline	Vitamin D
Seneca Virus A (<i>surrogate for Foot and Mouth Disease Virus</i>)	Positive	Positive	Positive	Negative	Positive
African Swine Fever Virus	Positive	Negative	Negative	Positive	Negative
Porcine Sapelovirus (<i>surrogate for Swine Vesicular Disease Virus</i>)	Positive	Negative	Negative	Negative	Positive
Porcine Epidemic Diarrhea Virus	Positive	Negative	Positive	Positive	Positive
Feline Calicivirus V (<i>surrogate for Vesicular Exanthema of Swine Virus</i>)	Positive	Negative	Positive	Negative	Negative
Porcine Circovirus Type 2	Negative	Negative	Positive	Positive	Positive
Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus	Positive	Positive	Negative	Negative	Negative
Bovine Herpesvirus Type 1 (<i>surrogate for Pseudorabies Virus</i>)	Positive	Negative	Negative	Negative	Negative
Influenza A Virus – Swine	Negative	Negative	Negative	Negative	Negative
Bovine Viral Diarrhea Virus	Negative	Negative	Negative	Negative	Negative
Canine Distemper Virus (<i>surrogate for Nipah Virus</i>)	Negative	Negative	Negative	Negative	Negative
Vesicular Stomatitis Virus	Negative	Negative	Negative	Negative	Negative

Positive

Negative for virus isolation and positive by bioassay

Negative for virus isolation and bioassay

アフリカ豚コレラウイルスが 太平洋や大西洋を横断輸送されるDDGS中で生き残ることはない

ウイルス	大豆粕	DDGS	リジン	コリン	ビタミンD
セネカウイルスA (口蹄疫ウイルスのサロゲート)	陽性	陽性	陽性	陰性	陽性
アフリカ豚コレラウイルス	陽性	陰性	陰性	陽性	陰性
豚サペロウイルス (豚水胞病ウイルスのサロゲート)	陽性	陰性	陰性	陰性	陽性
豚流行性下痢ウイルス	陽性	陰性	陽性	陽性	陽性
猫カリシウイルスV (豚水疱疹ウイルスのサロゲート)	陽性	陰性	陽性	陰性	陰性
豚サーコウイルス 2型	陰性	陰性	陽性	陽性	陽性
豚繁殖・呼吸障害症候群ウイルス	陽性	陽性	陰性	陰性	陰性
牛ヘルペスウイルス1型 (仮性狂犬病ウイルスのサロゲート)	陽性	陰性	陰性	陰性	陰性
インフルエンザA ウイルス-豚	陰性	陰性	陰性	陰性	陰性
牛ウイルス性下痢ウイルス	陰性	陰性	陰性	陰性	陰性
犬ジステンパーウイルス (ニパウイルスのサロゲート)	陰性	陰性	陰性	陰性	陰性
水疱性口炎ウイルス	陰性	陰性	陰性	陰性	陰性

陽性

ウイルス分離で陰性、生物学的検定で陽性

ウイルス分離と生物学的検定で陰性

Common dietary DDGS inclusion rates in U.S. poultry diets

	Layers	Broilers
Starter	5	5
Grower	10	7
Developer/Finisher	15	9
Pre-lay	15	-
Layer	20	-



米国の家禽用飼料における一般的なDDGS配合率

	産卵鶏	ブロイラー
幼雛期	5	5
生育期	10	7
成長期／仕上期	15	9
産卵前	15	-
産卵期	20	-



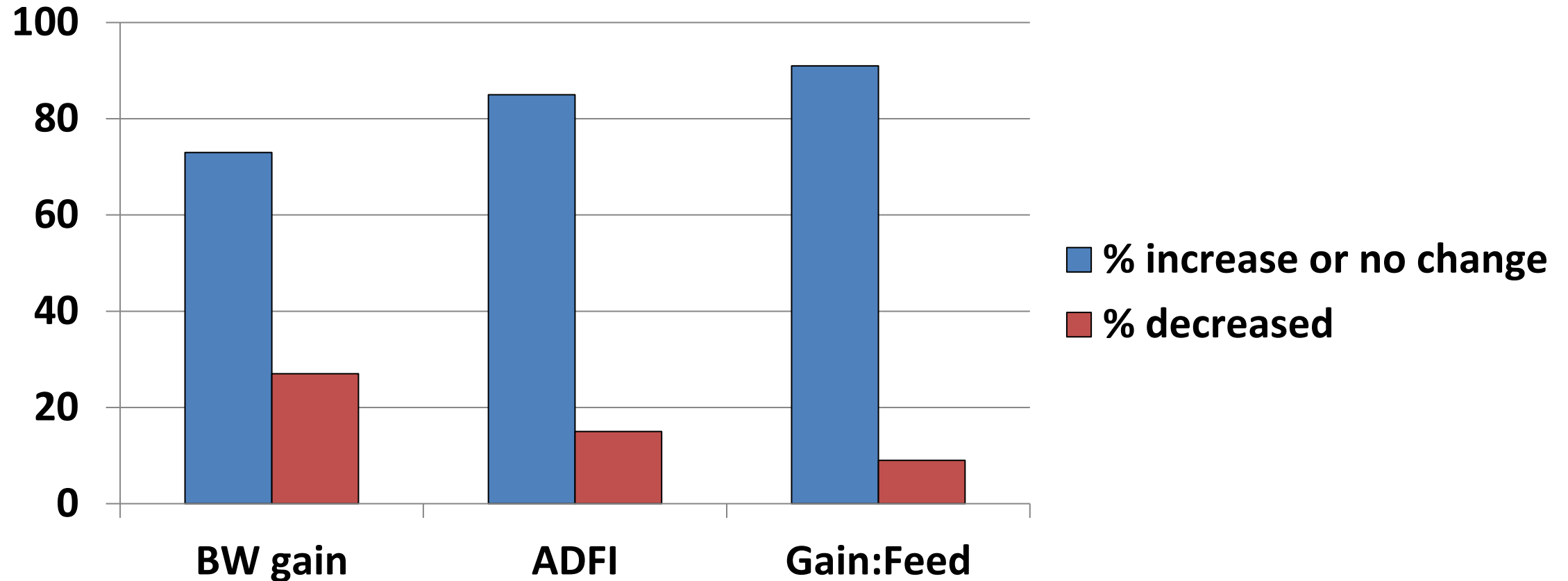
Potential diet inclusion rate and feed formulation constraints of DDGS diets for poultry

Potential constraint	Potential outcome
Relatively low AME content vs. corn	May limit inclusion rates in broilers without supplemental fat/oil
DCAD (electrolyte balance)	Calculation should include sulfur and may require formulation adjustments of Na, K, and Cl
Pellet quality/mill throughput	Low starch, high fiber and oil content will reduce PDI and mill throughput when added at high inclusion rates
Mycotoxins	Generally not a concern unless adverse corn growing or harvest conditions

家禽用飼料にDDGSを配合する場合の 潜在的な配合率と飼料設計上の制約

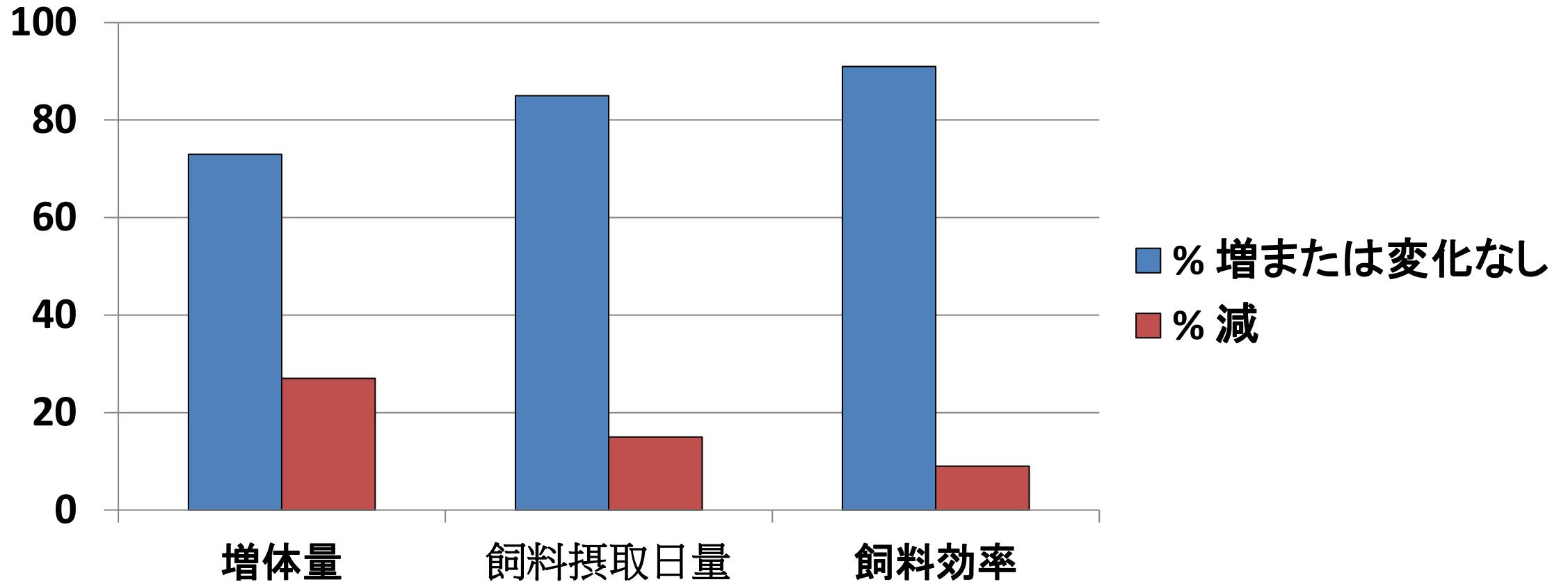
予想される制約	予想される結果
比較的低いAME含量 vs. トウモロコシ	脂肪／油分を補給しない場合にはブロイラー飼料への配合率が制限される可能性がある。
DCAD (電解質平衡)	算定には硫黄を含める必要があり、Na、KおよびClを調整する飼料設計が求められる可能性がある。
ペレット品質／工場処理能力	高配合では低デンプン、高繊維、高油分含量によりペレット耐久指数 (PDI) が低下し、工場における処理能力が低下する。
カビ毒	トウモロコシの生育期状況または収穫時状況に問題がなければ、通常は懸念対象とならない。

Summary of growth performance responses in broilers fed DDGS diets



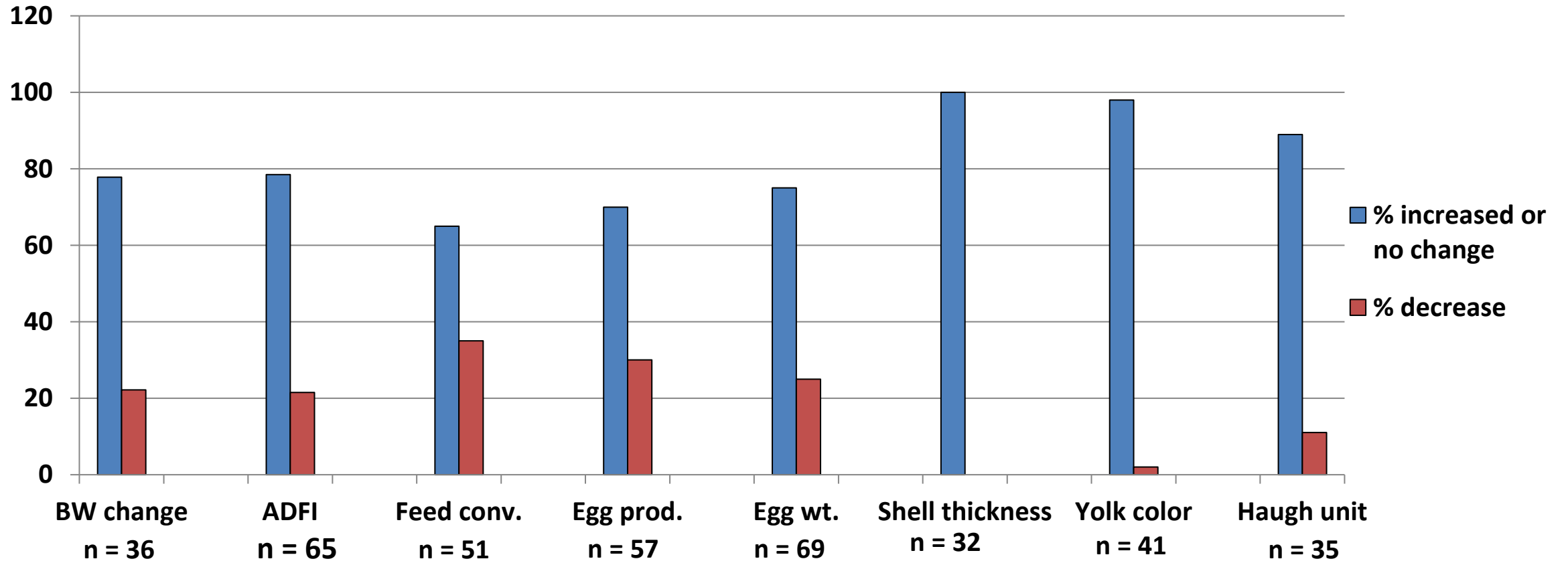
70 observations from 19 studies published since 2010

ブロイラー用飼料にDDGSを配合した場合の 発育成績反応のまとめ



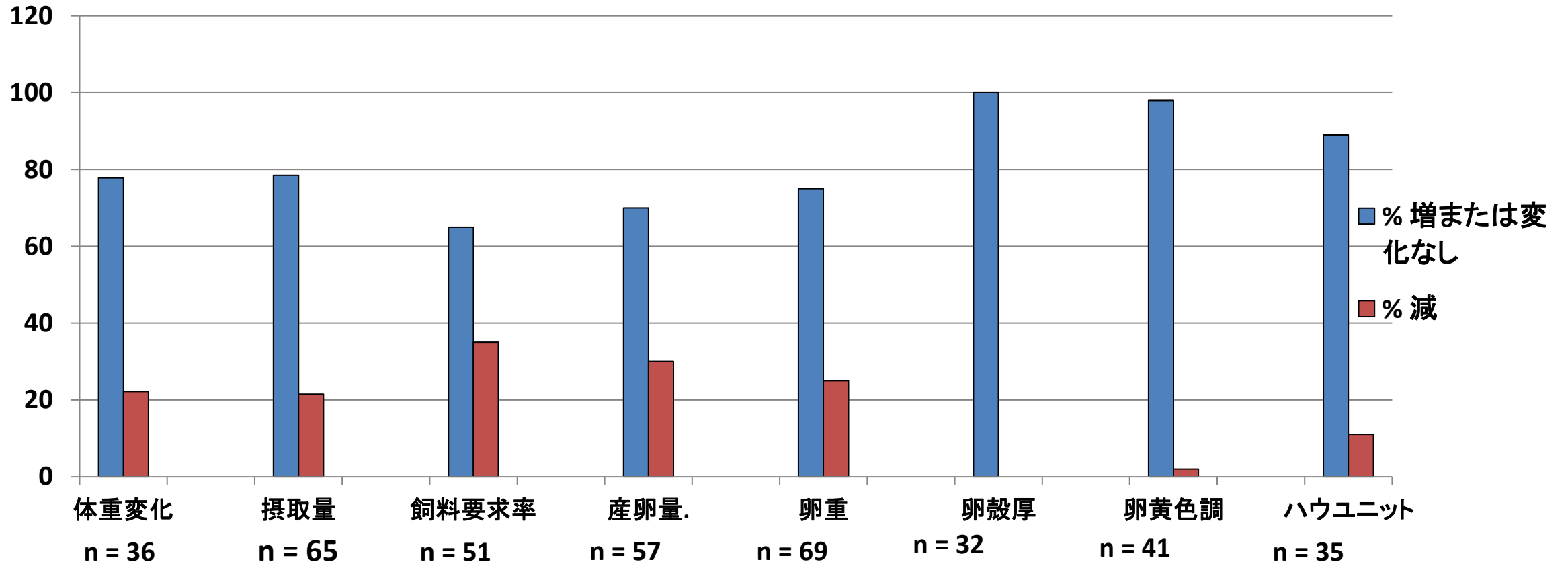
2010年以降に発表された19の試験から70件を検討

Summary of laying hen responses fed DDGS diets



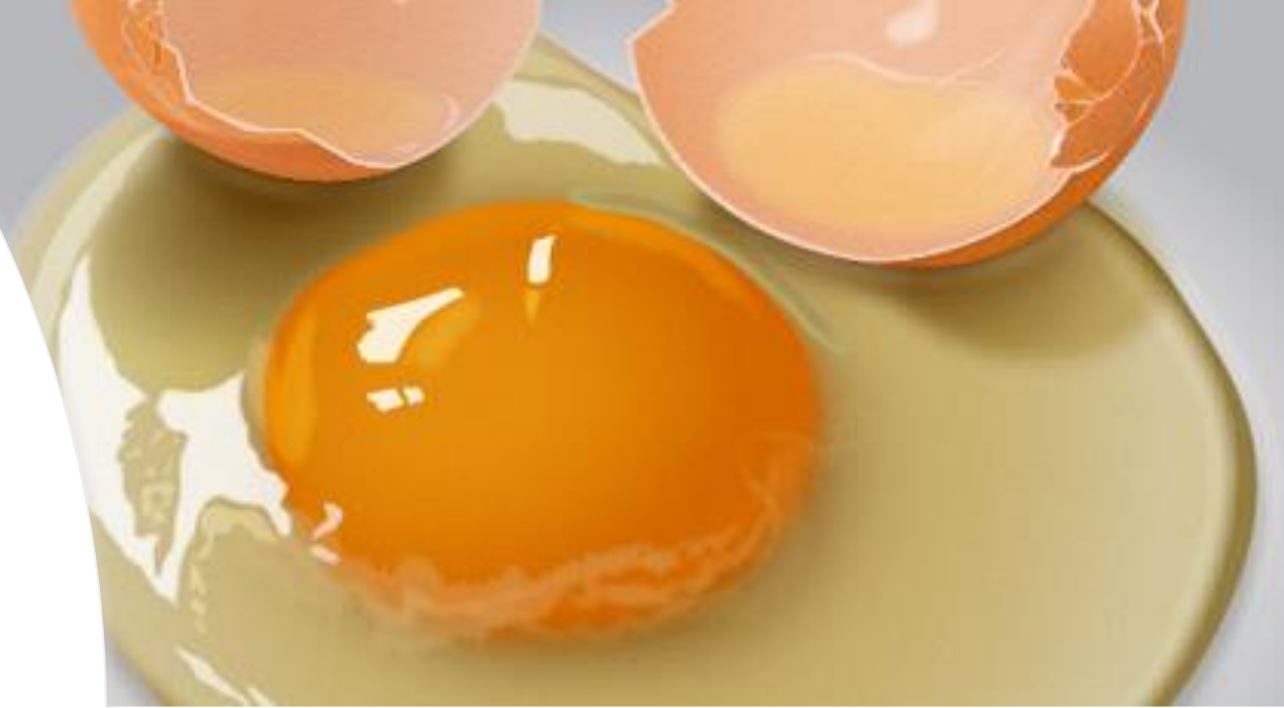
Observations from 17 published studies since 2010

産卵鶏用飼料にDDGSを配合した場合の 反応のまとめ



2010年以降に発表された17の試験を検討

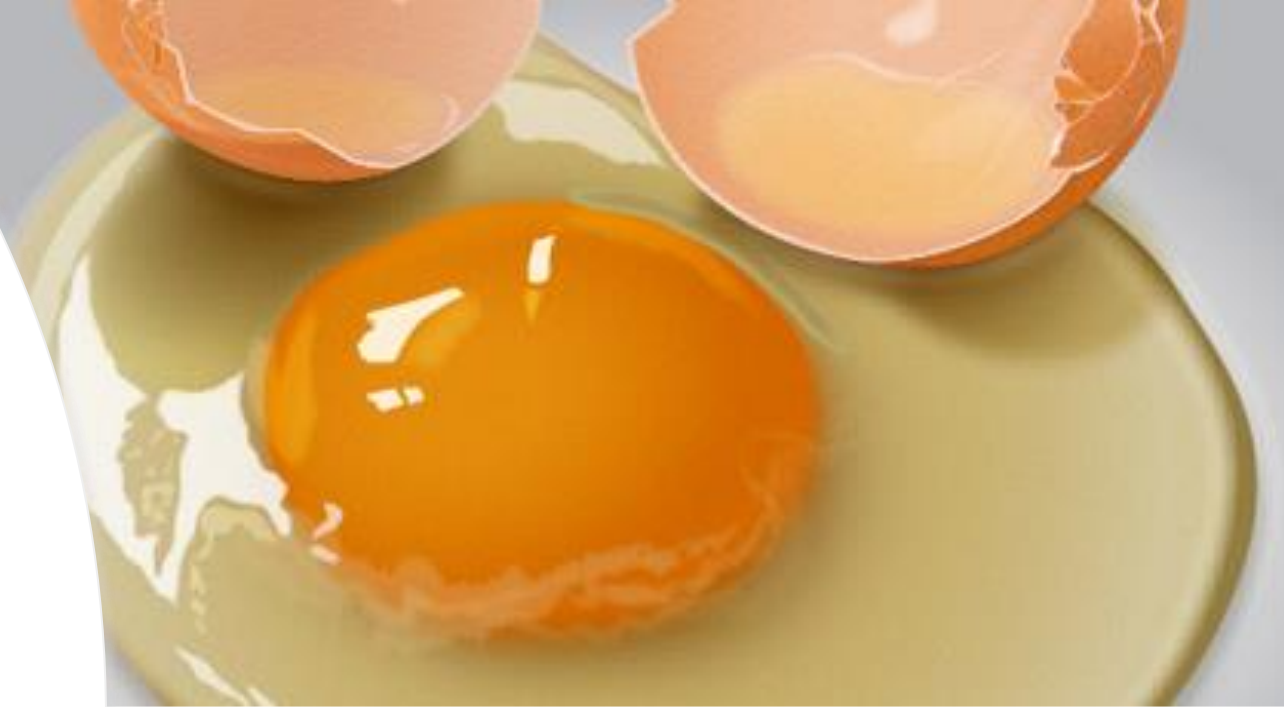
Natural xanthophylls in DDGS can partially replace expensive pigments to achieve desirable color of egg yolks and broiler skin



105



DDGSに含まれる天然のキサントフィルによって、卵黄やブロイラーの皮膚を望ましい色にするための高価な色素の一部を代替することが可能である



Pelleting DDGS diets



DDGS配合飼料のペレット化



Effect of increasing dietary DDGS content on PDI, production rate and energy use during pelleting

	Control	10% DDGS	20% DDGS	30% DDGS
Standard PDI, %	91.8 ^{a,b}	90.4 ^{b,c}	89.9 ^c	89.1 ^c
Production rate, kg/hr	1,007 ^a	974 ^b	929 ^{c,d}	911 ^d
kWh/ton	10.7	10.7	10.8	11.0
Bulk density, kg/hL	62.4 ^a	60.7 ^{b,c}	58.7 ^{d,e}	57.9 ^e

Pelleting conditions:

- 3.97 mm hole diameter × 31.75 mm die thickness
- Conditioner steam temperature = 85°C

^{a,b,c,d,e}Means with different superscripts differ (P < 0.05).

Fahrenholz et al. (2013)

DDGSの配合率を高めた場合のPDI、生産率およびペレット加工に要する消費エネルギー量に及ぼす影響

	対照	10% DDGS	20% DDGS	30% DDGS
標準 PDI %	91.8 ^{a,b}	90.4 ^{b,c}	89.9 ^c	89.1 ^c
生産率 kg/hr	1,007 ^a	974 ^b	929 ^{c,d}	911 ^d
kWh/ton	10.7	10.7	10.8	11.0
かさ密度, kg/hL	62.4 ^a	60.7 ^{b,c}	58.7 ^{d,e}	57.9 ^e

ペレット化条件:

- ペレット径 3.97 mm × ダイの厚さ 31.75 mm
- 蒸気温度 = 85°C

a,b,c,d,e異なる文字は有意差があることを示す(P < 0.05)

Fahrenholz et al. (2013)

**Feeding DDGS
improves
environmental
sustainability**



DDGS給与は環境
持続可能性を改
善する



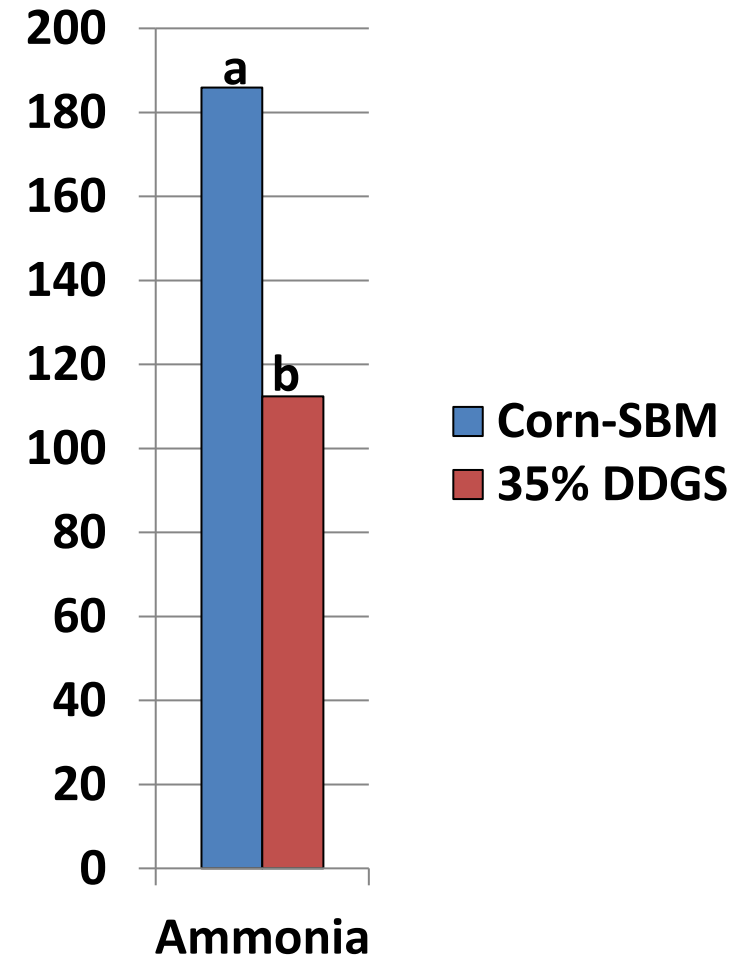
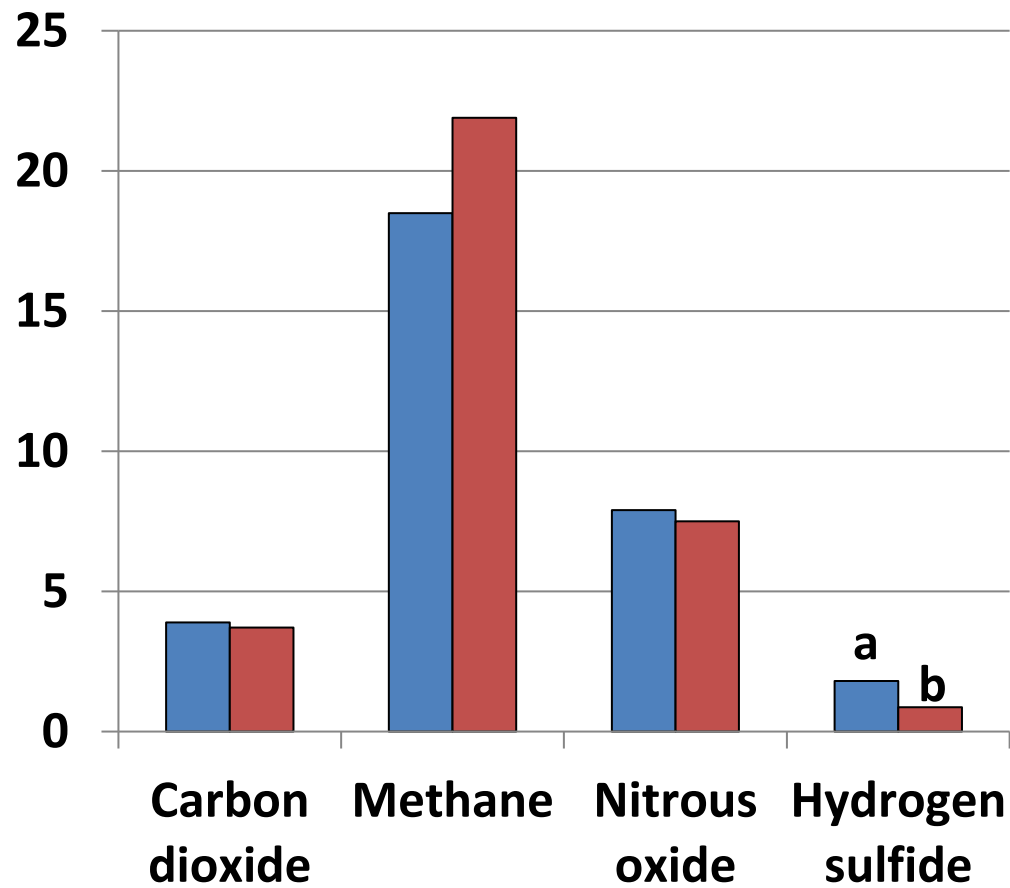
**High phosphorus
digestibility of
DDGS reduces
eutrophication
potential in
surface waters**



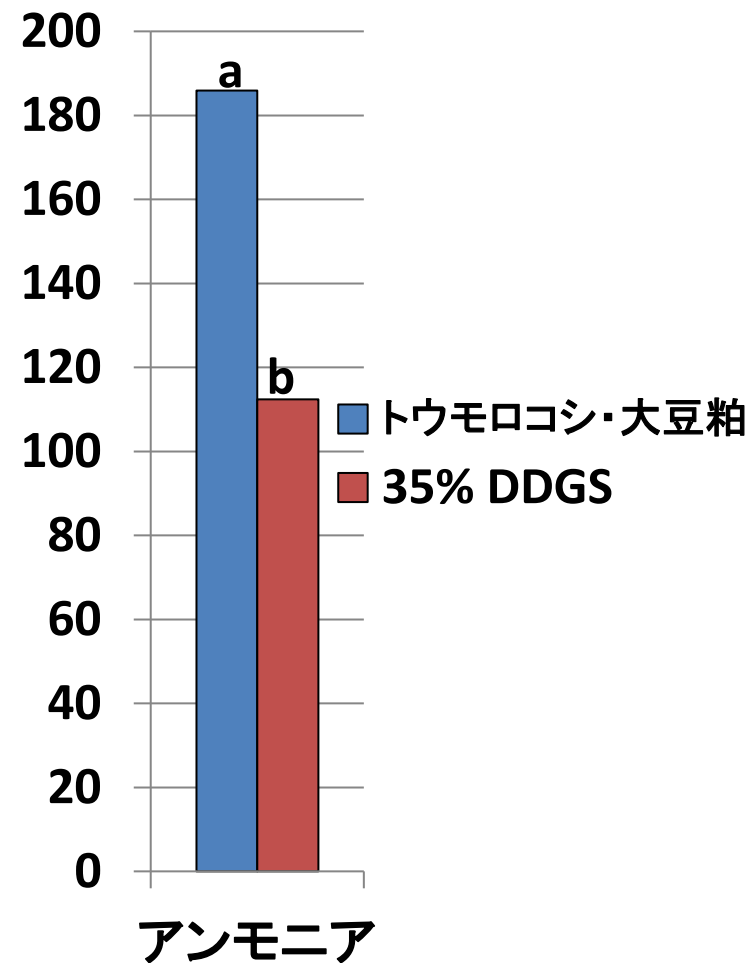
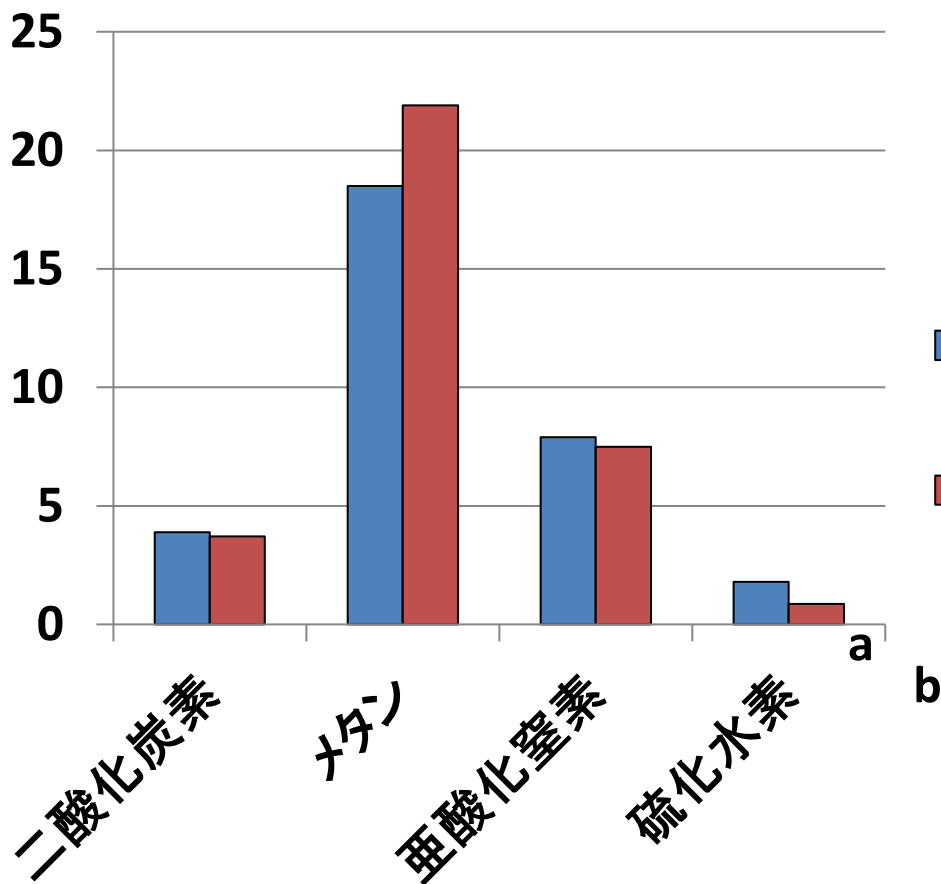
DDGS中のリンは
消化率が高いため、
表層水の富栄養化の
リスクが低減される



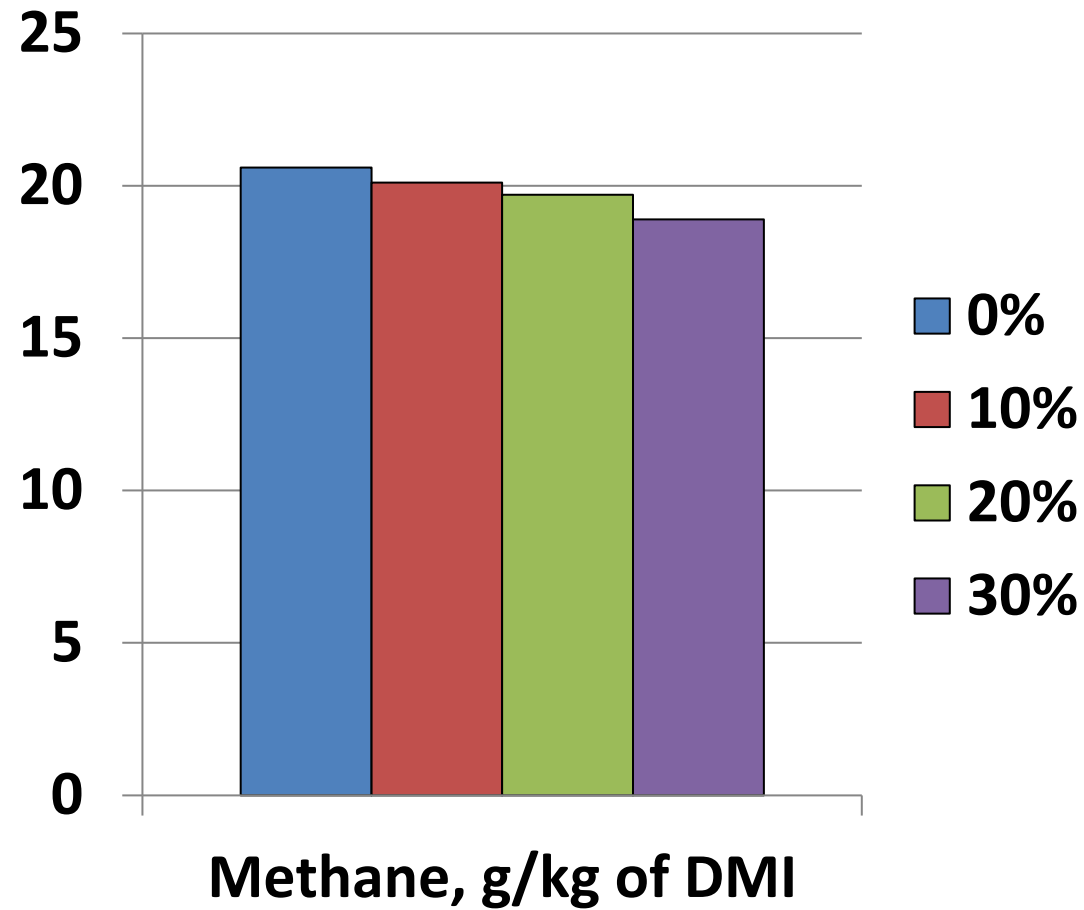
Feeding DDGS to swine reduces hydrogen sulfide and ammonia emissions from manure



DDGSを豚に給与すると 排泄物から排出される硫化水素とアンモニアが減少する

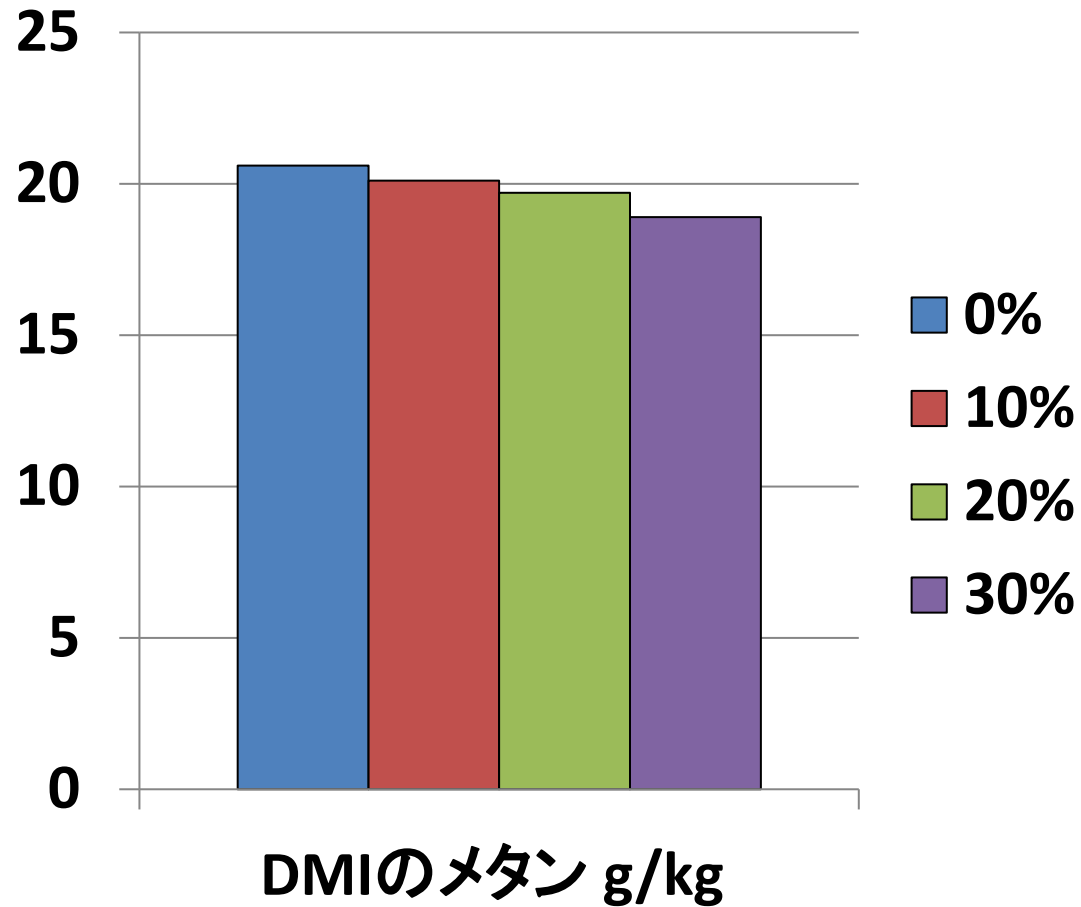


Feeding DDGS to dairy cows reduces methane production

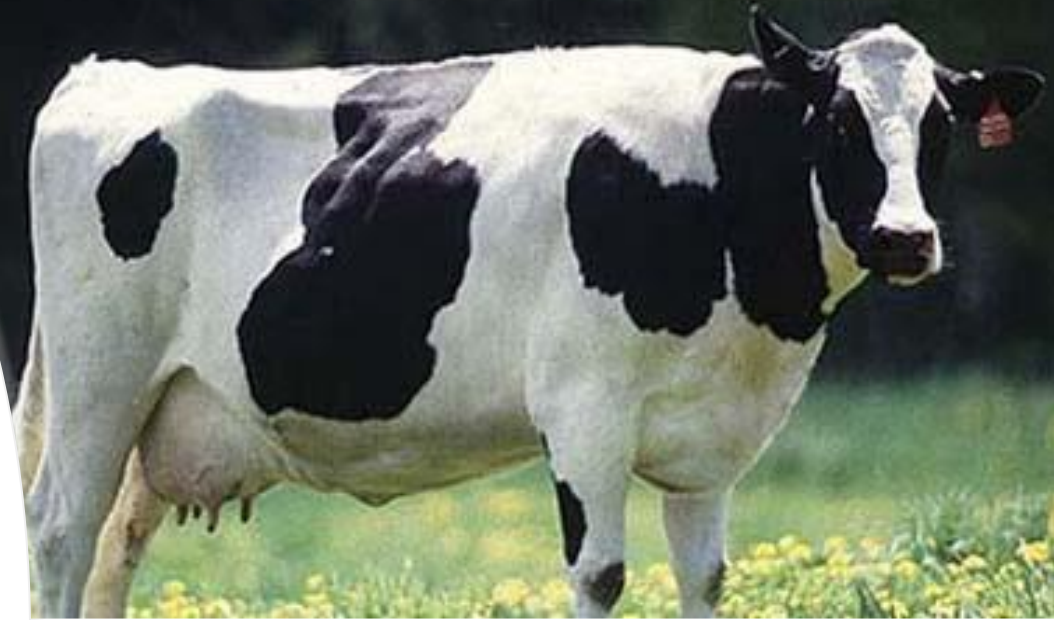


Benchaar et al. (2012)

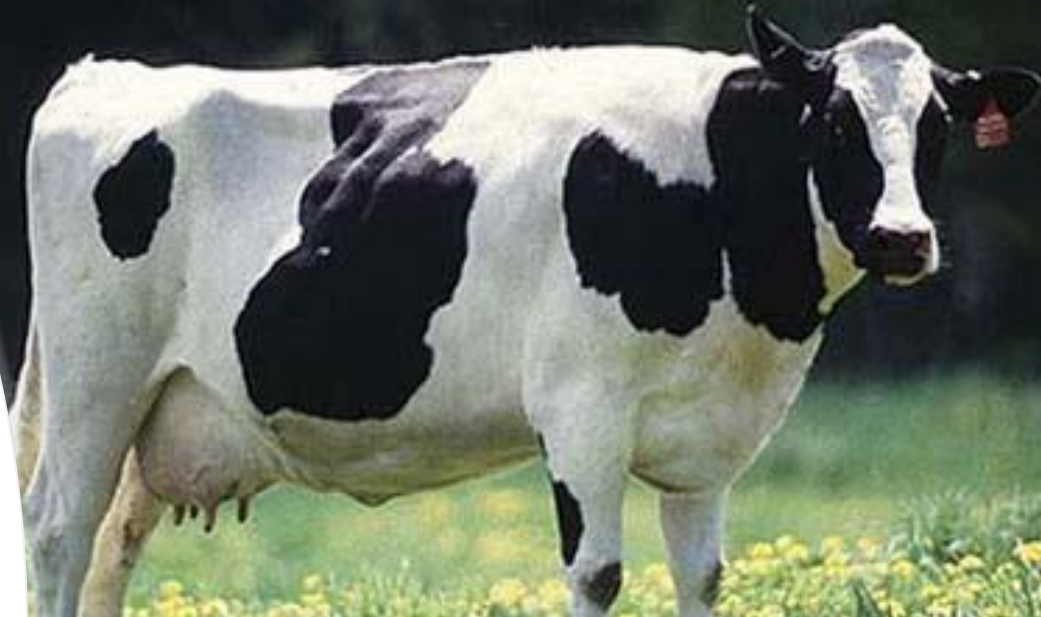
乳牛にDDGSを給与するとメタン発生量が減少する



DDGS is an excellent energy and protein source for lactating dairy cows



DDGSは泌乳期の乳牛
にとって優れたエネル
ギー源でありタンパク
質源である



True digestible nutrient and energy content of DDGS for ruminants

Nutrient	DDGS
True digestible crude protein, %	22.7
True digestible non-fiber carbohydrate, %	6.4
True digestible fatty acids, %	15.1
True digestible NDF, %	33.9
DE _{3x} , kcal/kg DM (dairy)	3,791
ME _{3x} , kcal/kg DM (dairy)	3,439
NE _{L3x} , kcal/kg DM (dairy)	2,299
NE _M , kcal/kg DM (beef)	2,340
NE _G , kcal/kg DM (beef)	1,630

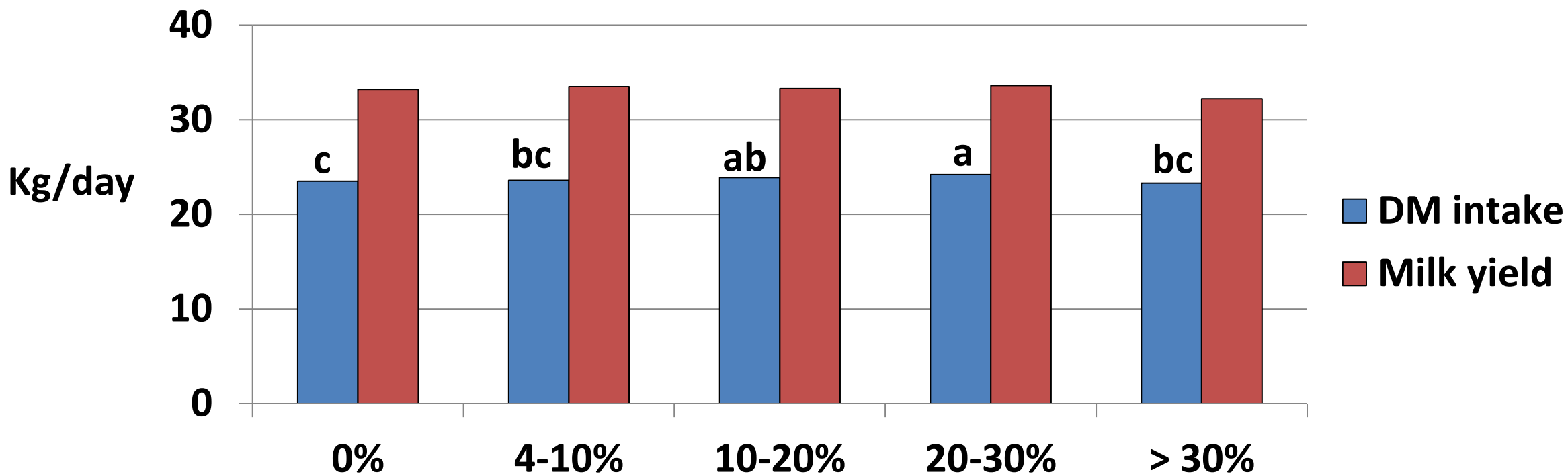
Nuez-Ortin and Yu (2011)

DDGSを反芻家畜に給与した場合の 真の可消化栄養分とエネルギー含量

栄養成分	DDGS
真の可消化粗タンパク質 %	22.7
真の可消化非繊維性炭水化物 %	6.4
真の可消化脂肪酸 %	15.1
真の可消化中性デタージェント繊維 %	33.9
DE _{3x} , kcal/kg DM (乳牛)	3,791
ME _{3x} , kcal/kg DM (乳牛)	3,439
NE _{L3x} , kcal/kg DM (乳牛)	2,299
NE _M , kcal/kg DM (肉牛)	2,340
NE _G , kcal/kg DM (肉牛)	1,630

Nuez-Ortin and Yu (2011)

Feeding diets containing up to 30% DDGS increase dry matter intake and supports optimal milk yield

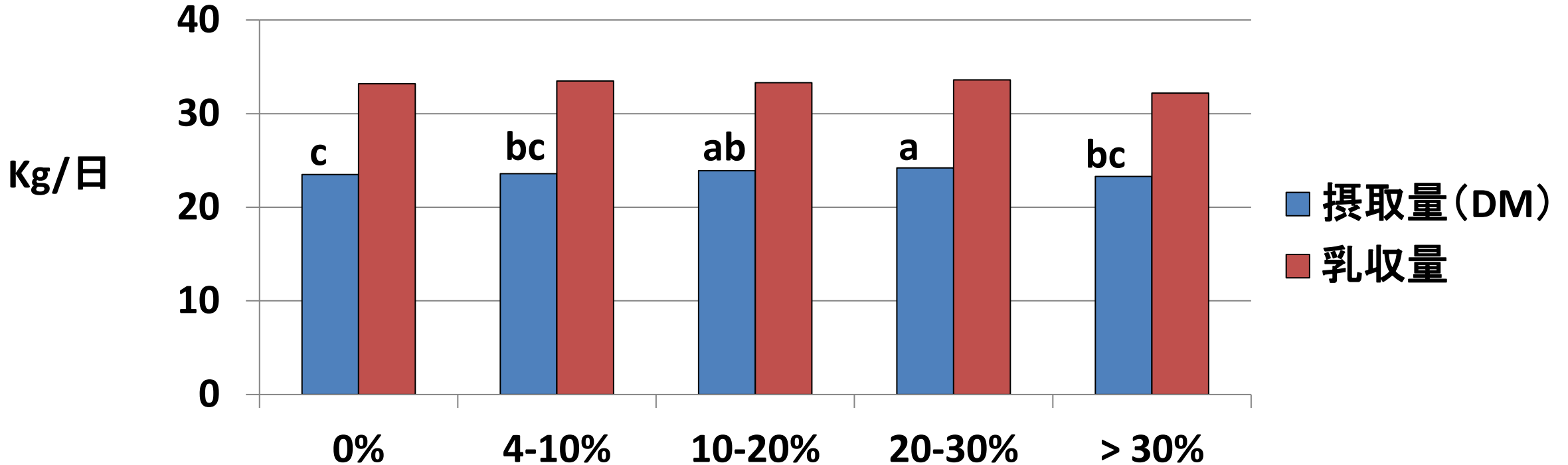


Summary of 23 studies with 96 treatment comparisons

^{a,b,c} Means with different superscripts are different ($P < 0.05$)

Kalscheur (2005)

DDGSを最大30%まで配合した飼料を給与すると 乾物摂取量が増加し、乳収量の最適化に役立つ

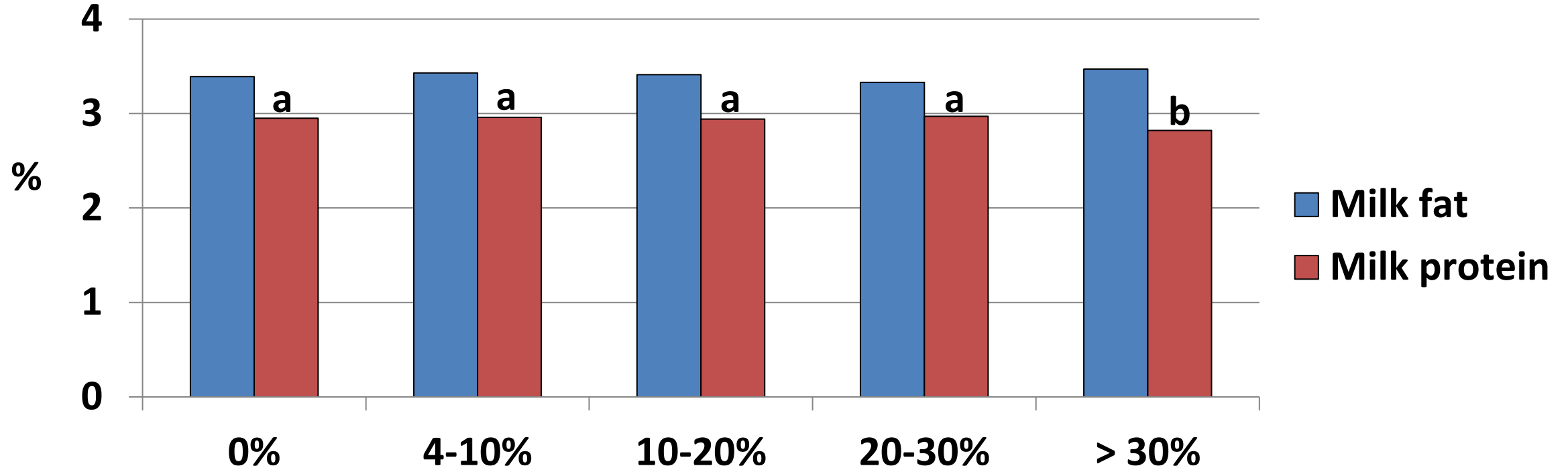


96種の飼料を比較した23件の試験のまとめ

a,b,c 異なる文字は有意差のあることを示す ($P < 0.05$)

Kalscheur (2005)

Feeding diets containing up to 30% DDGS has no effect on milk fat and protein content

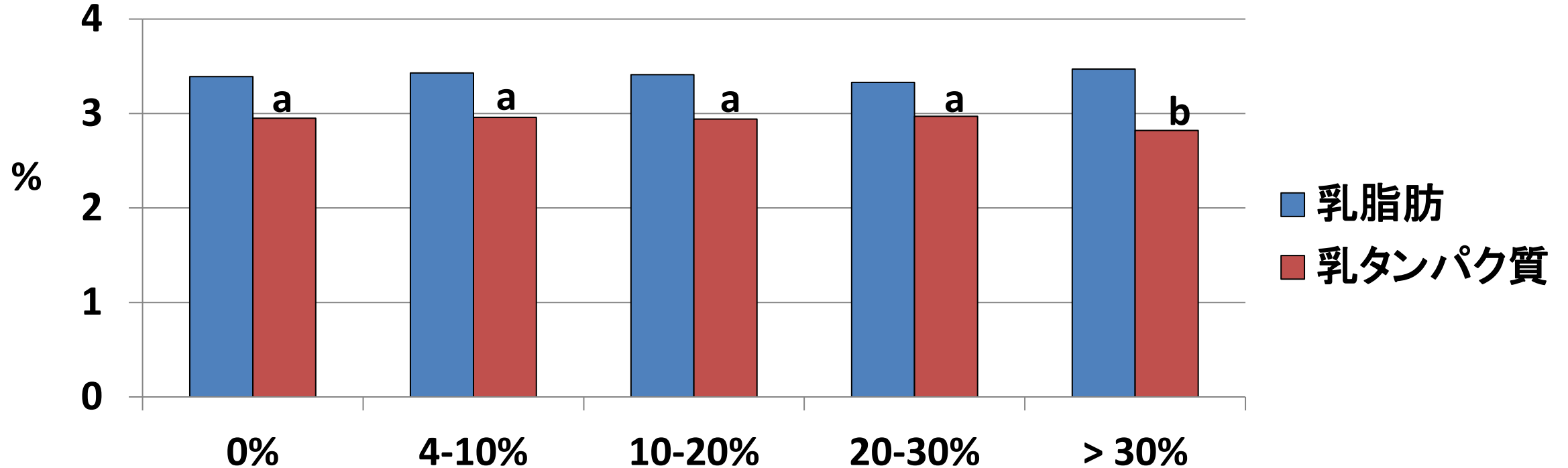


Summary of 23 studies with 96 treatment comparisons

^{a,b} Means with different superscripts are different ($P < 0.05$)

Kalscheur (2005)

DDGSを最大30%まで配合した飼料を給与しても 乳脂肪および乳タンパク質含量に影響を及ぼさない



96種の飼料を比較した23件の試験のまとめ
a,b異なる文字は有意差のあることを示す(P < 0.05)

Kalscheur (2005)

**Milk from cows
fed DDGS has
higher CLA
content to
promote human
health**



DDGSを給与した
乳牛から得られる
牛乳には
ヒトの健康を促進
するCLAが多く含
まれる



DDGS is an excellent energy and protein source for beef feedlot cattle



DDGSは肥育牛に
とってエネルギーと
タンパク質の
優れた供給源である



Feeding DDGS to beef feedlot cattle is mainly a...

- **Protein source** when fed at < 15 to 20% of DM intake
- **Energy source** when fed at > 20% of DM intake
 - Excess protein and phosphorus are consumed relative to requirements

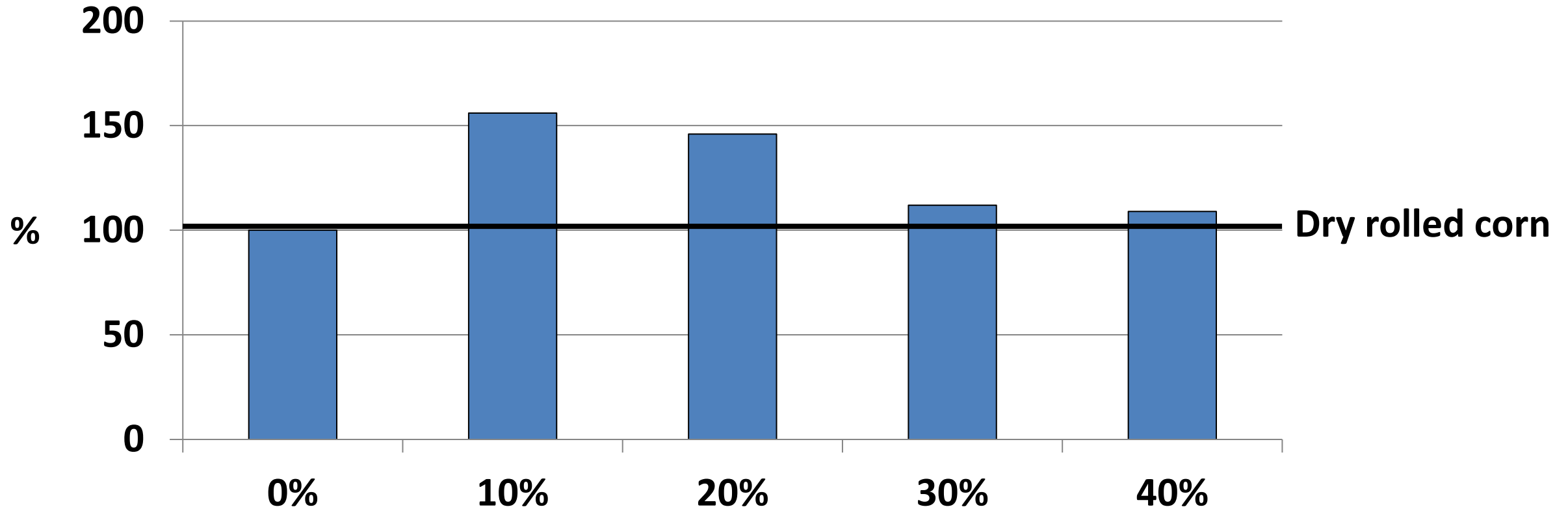


肉牛にとってDDGSは 主に以下の供給源となる

- 摂取量(DM)の $< 15 \sim 20\%$ を給与する場合には**タンパク質源**
- 摂取量(DM)の $> 20\%$ を給与する場合には**エネルギー源**
 - 要求量を上回る過剰なタンパク質およびリンが摂取される

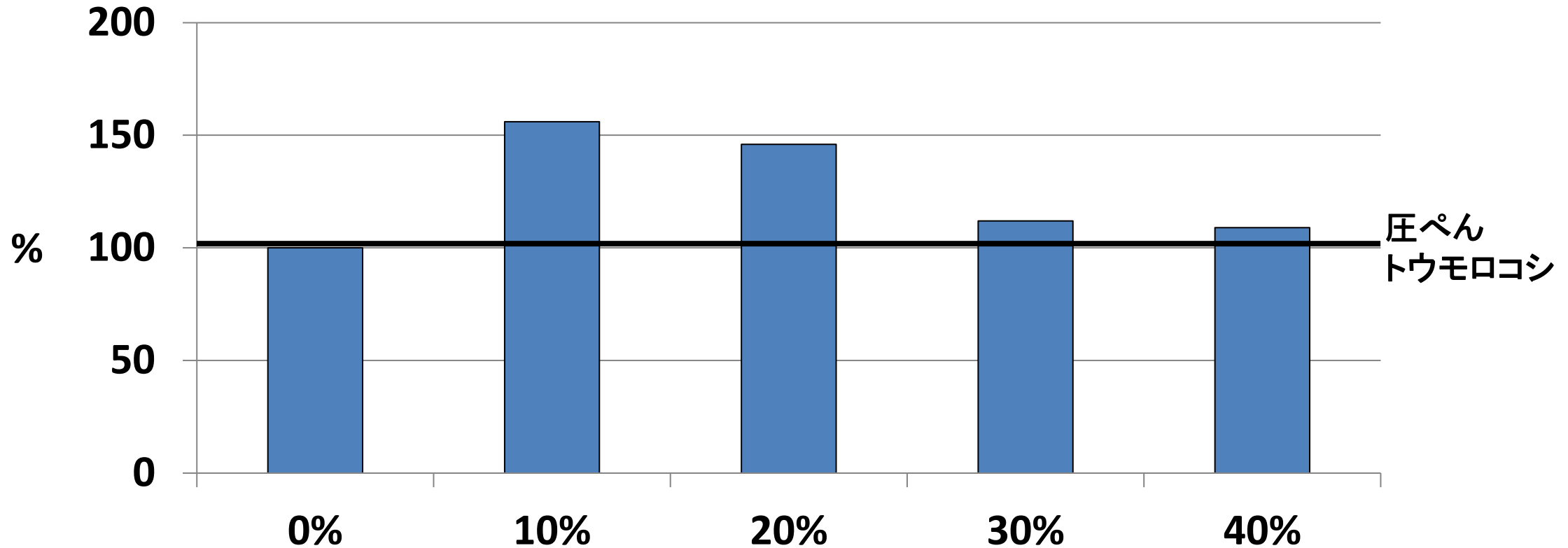


Relative feeding value of DDGS vs. dry rolled corn for finishing beef cattle



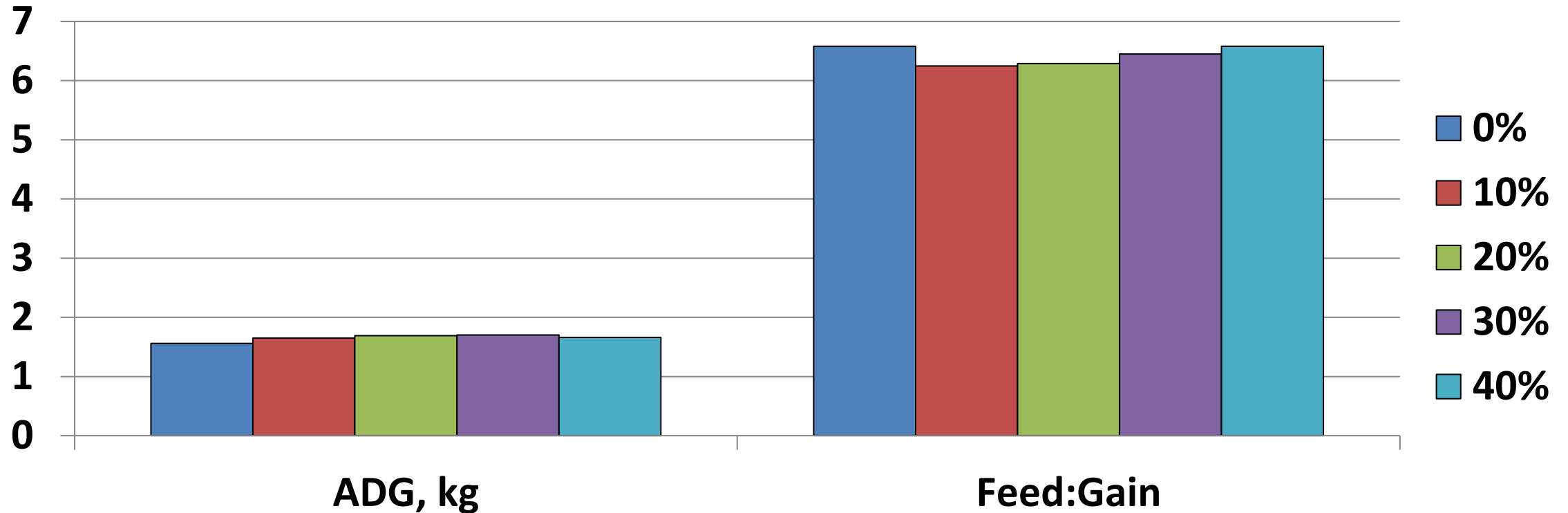
Meta-analysis summary (Klopfenstein et al., 2008)

仕上期の肉牛における DDGS vs. 圧ペントウモロコシの飼料価値の相対比較



メタ分析のまとめ (Klopfenstein et al., 2008)

Feeding 20% DDGS diets optimizes ADG and feed conversion in beef feedlot cattle

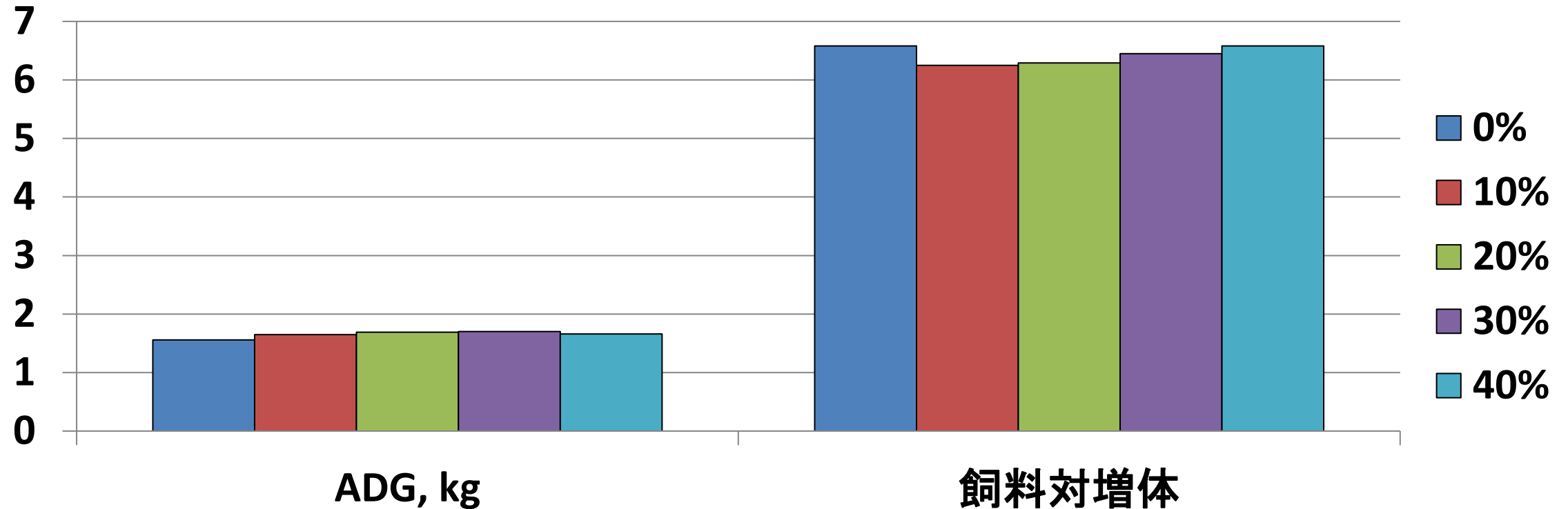


Optimum ADG - 20 to 30% DDGS

Optimum Feed:Gain - 10 to 20% DDGS

Meta-analysis summary (Klopfenstein et al., 2008)

肉牛にDDGSを20%配合した飼料を給与すると 1日平均体重増加率(ADG)および飼料要求率が最適化される

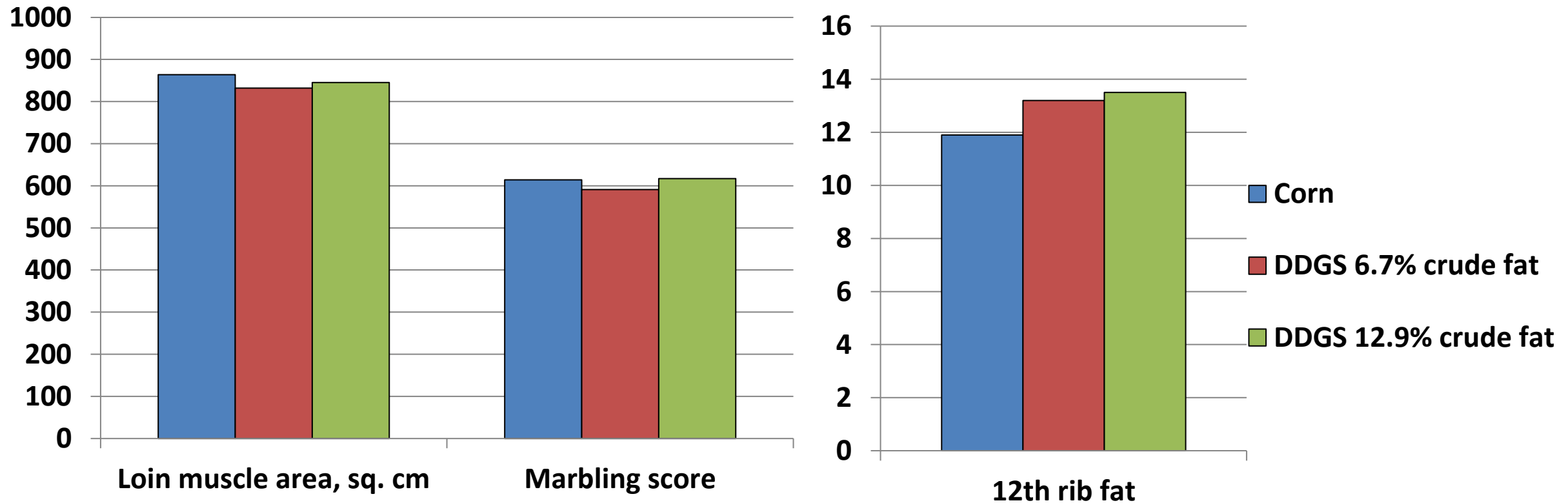


最適 ADG - 20 ~ 30% の DDGS

最適飼料対増体 - 10 ~ 20% の DDGS

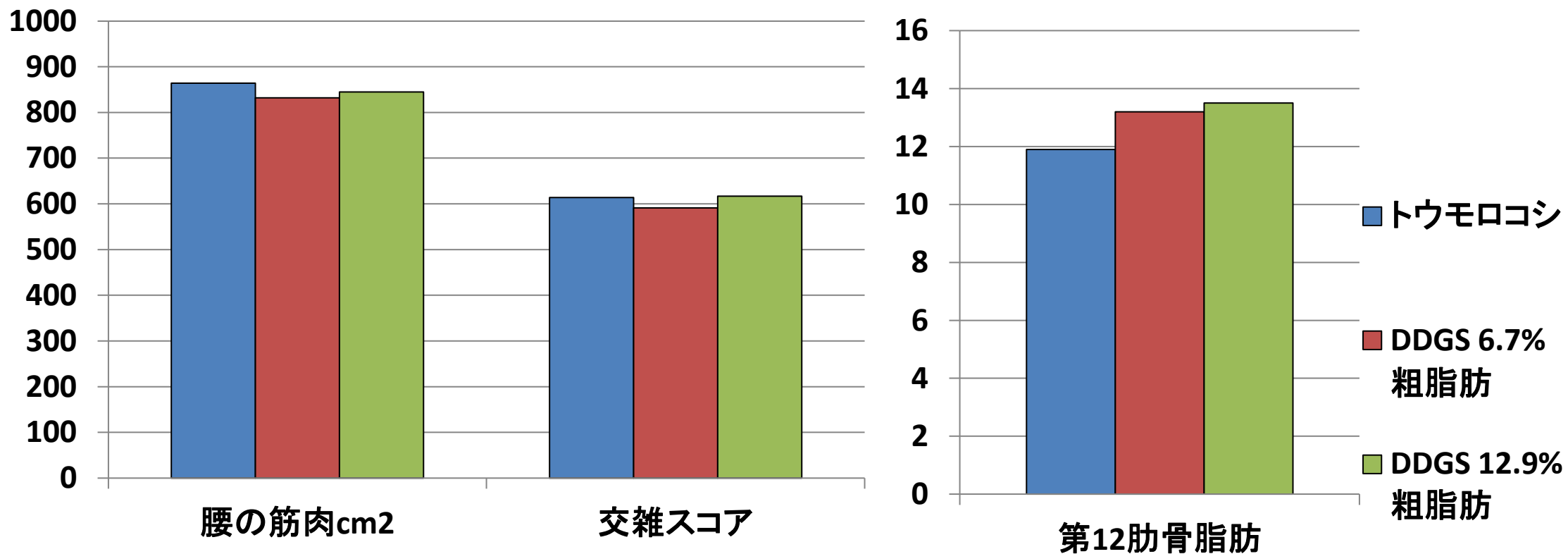
メタ分析のまとめ (Klopfenstein et al., 2008)

Feeding 35% DDGS diets had no effect on carcass loin muscle, fat thickness, and marbling score



Gigax et al. (2012)

DDGSを35%配合した飼料の給与は、枝肉の腰部筋肉、脂肪厚および脂肪交雑スコアに影響を及ぼさなかった



Gigax et al. (2012)

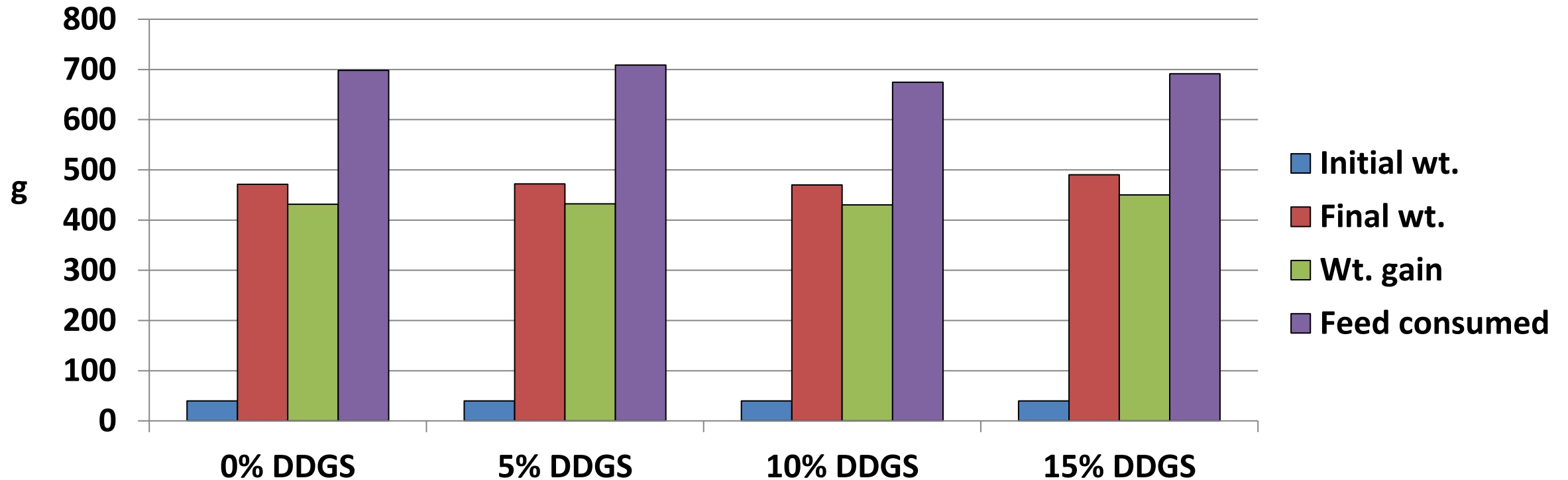
DDGS is an excellent energy and protein source in aquaculture diets



**DDGSは
養殖水産動物用飼料の
優れたエネルギー源で
ありタンパク質源である**



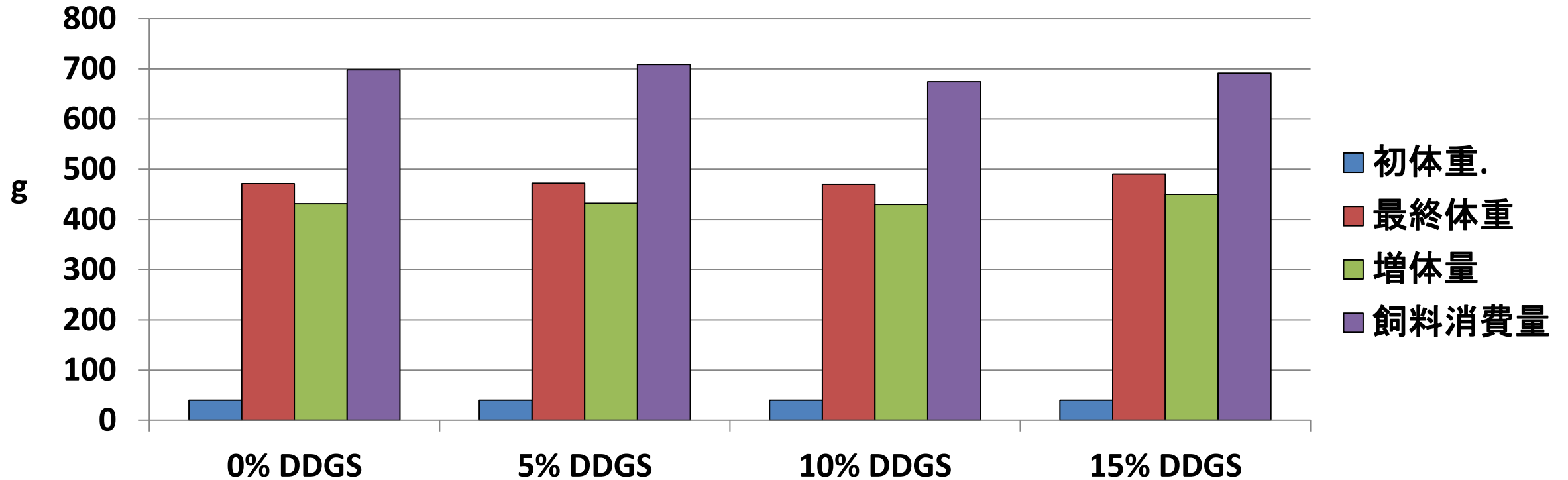
Feeding diets containing up to 15% DDGS to Pangasius supported optimal growth and feed consumption



300 fish/cage during a 118 day feeding period
No significant difference among treatments

Tangendjaja et al. (2016)

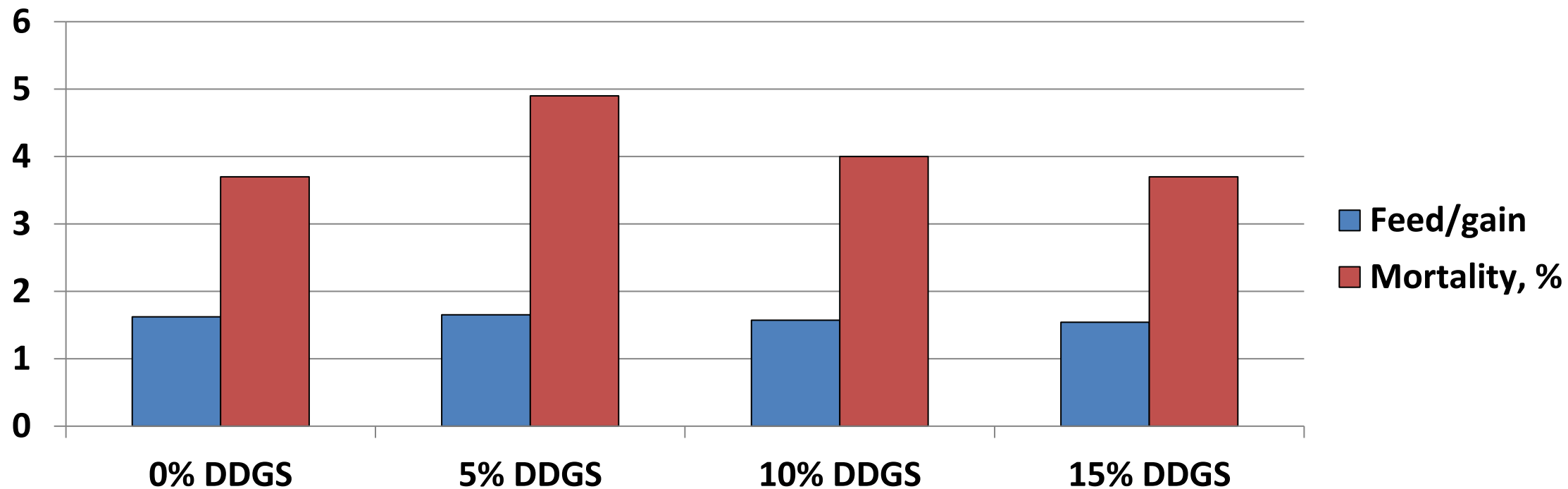
DDGSを最大15%まで配合した飼料をパンガシウスに 給与すると成長および飼料摂取の最適化が促進された



ケージ当たり300匹、給与期間118日間
飼料間の有意差なし

Tangendjaja et al. (2016)

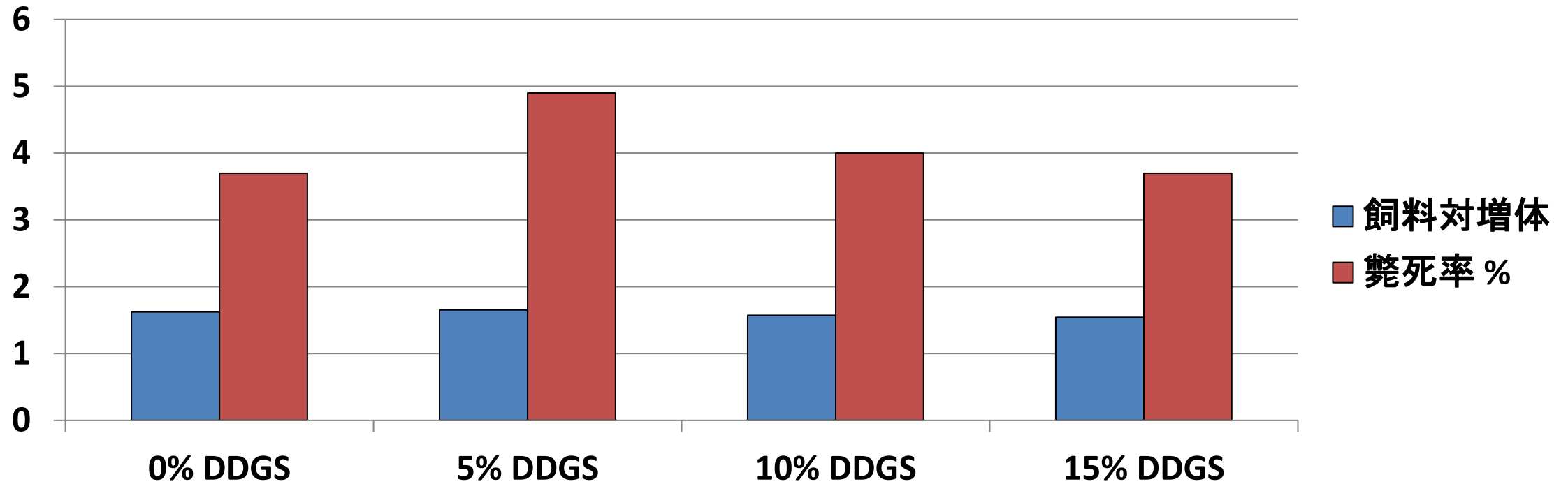
Feeding diets containing up to 15% DDGS to Pangasius did not affect feed conversion and mortality



300 fish/cage during a 118 day feeding period
No significant difference among treatments

Tangendjaja et al. (2016)

DDGSを最大15%まで配合した飼料をパンガシウスに 給与しても飼料要求率および斃死率に影響はなかった



ケージ当たり300匹、給与期間118日間
飼料間の有意差なし

Tangendjaja et al. (2016)

**DDGS improves
desirable color in
some types of
seafood**



魚介類の中には
DDGSで体色が望
ましい色調になる
ものがある



DDGS improves fish health without using antibiotics

Streptococcus iniae



Edwardsiella ictaluri



DDGSは抗生物質を
使用せずに魚の健康
を向上させる

Streptococcus iniae (ストレプトコッカス・イニアエ)



Edwardsiella ictaluri (アカナマズのエドワジラ症)



**DDGS is a valuable feed ingredient that contributes to
feeding the world sustainably**



**価値ある飼料原料であるDDGSは
世界への持続的な飼料供給に貢献する**

