

DDGS

乳牛用飼料原料としての使用

サウスダコタ州立大学
酪農学部

ケント・カルシャー博士
(Dr. Kenneth Kalscheur)



概要

- DDGS 栄養成分
- 乳牛へのDDGS 給餌
 - ◆ 乳牛
 - ◆ 仔牛、未經産牛および乾乳牛
- 現時点での推奨事項



はじめに

- トウモロコシを原料とするエタノール生産の増加に伴い、ディスティラーズ・グレイン・ウィズ・ソリュブル(DGS)の供給も増加している
- DDGSは良質のタンパク質、エネルギー(脂肪および発酵性炭水化物による)およびミネラル源として認知されるようになった
- トウモロコシおよび大豆粕と比較して、DGSは安価な代替原料であり、飼料コストを低減させる



DDGSの栄養成分

栄養成分	NRC (1989)	NRC (2001)	一般的な 範囲
CP % 乾物比	25	29.7	28-32
RUP % CP比	47	可変	47-57
NDF % 乾物比	44	38.8	28-44
ADF % 乾物比	18	19.7	14-24
脂肪 % 乾物比	10.3	10	10-15
デンプン % 乾物比	5-8
NE _L Mcal/kg	2.04	1.97	2.27*

*Birkelo, C.P. et al., 2004.



DDGSの栄養成分

栄養成分	NRC (1989)	NRC (2001)	一般的な 範囲
Ca % 乾物比	0.15	0.22	0.03-0.15
P % CP比	0.71	0.83	0.60-0.95
Mg % 乾物比	0.18	0.33	0.30-0.35
K % 乾物比	0.44	1.10	0.70-1.10
S % 乾物比	0.33	0.44	0.30-0.80



タンパク質

- 平均 30%粗タンパク質(CP)(乾物比)
- 優れた第一胃非分解性タンパク質(RUP)源
 - ◆ 通常は50から55%(CPに対する割合)であるが、この値は60%を上回る場合がある
- タンパク質の品質
 - ◆ 新たなDDGSほど品質が優れている
 - ◆ アミノ酸の中ではリジンが第一の制限要素
- DDGSのタンパク質の品質は乳生産および乳組成に影響を及ぼすか?



繊維

- NDF(中性デタージェント繊維) – 28 から 44% (乾物比)
- 有効繊維ではない
- 粒径が小さい
- 第一胃での発酵性に優れている
- DDGSの繊維は乳組成に影響を及ぼすか?



脂肪

- 10 から 15%の 脂肪
- トウモロコシの脂肪
 - ◆ 高不飽和 (C18:2)
- 第一胃機能への影響はあるか？

- DDGS の脂肪は乳脂肪組成に影響を及ぼすか？



ミネラル

- 著しく変動する可能性がある
- リン – 0.65 から 0.9%.
 - ◆ リンは動物の体内で容易に消化吸収される
 - ◆ リンの無機質源を代替できるか？
- 硫黄 – 0.3 から 0.80%.



エネルギー

- DGSのエネルギー価は?
- DGS のNE_L (正味エネルギー)
 - ◆ NRC (1989) = 2.04 Mcal/kg
 - ◆ NRC (2001) = 1.97 Mcal/kg
- Birkelo ら (2004)
 - ◆ DGS NE_L = 2.27 Mcal/kg、乾物比
 - ◆ NRC はNE_L を過小評価している – 10から15%とする



何故成分は変動するのか？

- 数多くの要因が DDGSの栄養成分変動に関係している可能性がある
 - ◆ 穀物の種類および品質
 - ◆ 製粉および発酵プロセス
 - ◆ 乾燥温度
 - ◆ 乾燥に先立ち、ウェットDGSに戻すソリュブルの量



何故成分は変動するのか？

栄養成分	DDG 対 CDSの割合				CDS ¹
	100:0	87:13	73:27	60:40	
乾物比(%)	100:0	87:13	73:27	60:40	CDS ¹
CP	34.3	32.9	32.0	30.1	22.4
NDF	40.2	37.4	34.6	30.8	5.6
脂肪	8.9	11.1	13.4	14.5	18.6
灰分	2.4	3.4	4.6	5.8	11.6
P	0.44	0.62	0.78	0.95	1.94
S	0.53	0.67	0.78	0.92	1.66
RUP % CP比	66.1	62.8	60.9	58.1	- - -

¹ 濃縮デスティラーズ・ソリュブル(CDS).
出典: South Dakota State University.



乳牛用飼料としての DDGSに関する疑問

- DDGSはどの程度乳牛用飼料に配合できるのか？
- DDGSを配合することによる乳組成への影響は？
 - ◆ 乳脂肪 %
 - ◆ 乳タンパク質 %
- DDGS配合に制限を加える給餌要因は？



DDGSの高配合

- Hippen ら (2004)
 - ◆ 飼料に0、13、27および 40%のDDGSを配合した
 - ◆ 飼料は窒素等価ではない(16.5 から 18.9%)が、RDP (第一胃分解性タンパク質) は等価(10.7%)となるよう調製。ただし、RUP は増加(5.7 から 8.2%)
 - ◆ 飼料内訳:
 - ◆ 粗飼料43% : 濃厚飼料57%
 - ◆ 粗飼料 – トウモロコシ・サイレージ (65%) : 乾燥アルファルファ / 乾草 (35%)



DDGSの高配合

項目	飼料中のDDGSの割合(%)、 乾物比				SEM (標準誤差 平均値)
	0	13	27	40	
DMI(乾物摂取量)kg/d	26.9 ^a	29.9 ^b	26.7 ^a	25.1 ^a	1.6 ^{L,Q}
乳量 kg/d	40.7 ^a	41.7 ^a	39.1 ^{ab}	36.3 ^b	1.6 ^L
乳脂肪 %	3.40 ^a	3.18 ^b	3.19 ^b	3.10 ^b	0.09 ^L
乳タンパク質 %	2.96	3.03	3.01	3.02	0.06

^{a,b} 異なる上付文字は差を示す ($P < 0.05$).

^L 1次処理効果 ($P < 0.05$).

^Q 2次処理効果 ($P < 0.05$).



繊維源としてのDDGS

■ Cyriac ら (2005)

- ◆ 乳牛飼料中のトウモロコシ・サイレージをDDGS由来非粗飼料繊維0、7、14 および 21% で置換した
- ◆ トウモロコシ・サイレージを非粗飼料NDFで置換することにより、粗飼料 NDFは 25.0、21.7、18.3 および 14.9% に減少した
- ◆ 飼料中全 NDFの平均は 30 ~32% NDFとなった



飼料原料

項目	飼料中のDDGS の割合(%)、 乾物比			
	0	7	14	21
乾燥アルファルファ	15	15	15	15
トウモロコシ・サイレージ	40	33	26	19
粉砕トウモロコシ	25	25	25	25
DDGS	0	7	14	21
大豆皮	0	4.8	9.6	14.4
大豆粕	9.4	6.8	4.1	1.5
ソイプラス	6.4	4.9	3.3	1.8
Megalac (第一胃非分解性脂肪飼料の商品名)	2.1	1.4	0.7	0
ミネラル およびビタミン	2.1	2.2	2.2	2.3



繊維源としてのDDGS

項目	飼料中のDDGS の割合(%)、 乾物比				SEM (標準誤差 平均値)
	0	7	14	21	
DMI kg/d	19.3	20.6	21.5	22.8	0.80 ^L
総 NDFI kg/d	5.8	6.3	6.6	7.3	0.25 ^L
粗飼料 NDFI kg/d	4.8	4.5	3.9	3.4	0.16 ^L

^L 1次処理効果 ($P < 0.01$).



繊維源としてのDDGS

項目	飼料中のDDGSの割合(%)、 乾物比				SEM
	0	7	14	21	
乳量 kg/d	32.9	33.4	33.9	34.0	1.3
乳脂肪 %	3.34	3.25	3.04	2.85	0.08 ^L
乳タンパク質 %	2.82	2.90	2.93	3.04	0.05 ^L
MUN(乳中尿素態窒素) mg/dl	14.4	14.2	14.9	14.7	0.43
ECM(エネルギー補正乳)/DMI	1.67	1.57	1.49	1.37	0.06 ^L

^L 1次処理効果 ($P < 0.01$).



デンプン代替源としてのDDGS

- Ranathunga ら (2008)
 - ◆ トウモロコシ・デンプンをDDGS由来非粗飼料繊維で置換し、乳生産量、乳組成、飼料摂取量および泌乳牛の飼料効率を評価した
 - ◆ 基本飼料はトウモロコシ・サイレージ27%、乾燥アルファルファ 22% および濃厚飼料49% とした



飼料原料

項目	飼料中のデンプンの割合(%)、 乾物比			
	29	26	23	20
トウモロコシ・サイレージ	27.0	27.0	27.0	27.0
乾燥アルファルファ	22.0	22.0	22.0	22.0
粉碎トウモロコシ	35.0	29.3	23.6	17.9
SBM 44%	4.5	3.2	1.9	0.6
ソイプラス	8.4	5.6	2.8	0.0
DDGS	0.0	7.0	14.0	21.0
大豆皮	0.0	3.2	6.4	9.6
Energy Booster	1.4	1.0	0.7	0.4
ミネラル および ビタミン・ミックス	1.7	1.7	1.7	1.7



デンプン代替源としてのDDGS

項目	飼料中のデンプンの割合(%)、 乾物比				SEM
	29	26	23	20	
DMI kg/d	25.6	25.0	23.4	22.9	0.72 ^L
乳量 kg/d	39.4	37.4	37.7	38.3	1.03
乳脂肪 %	3.14	3.22	3.29	3.24	0.11
乳タンパク質 %	2.97	2.96	3.01	2.94	0.04
MUN (乳中尿素態窒素) mg/dL	11.7	12.2	11.6	12.2	0.38
ECM (エネルギー補正乳) /DMI	1.47	1.47	1.54	1.61	0.06 ^{LT}

^L 1次処理効果 ($P < 0.01$)

^{LT} 1次処理効果 ($P < 0.10$)



タンパク質源としてのDDGS

- 直近の研究では、タンパク質源およびRUP代替源としてのDGSの分析が行われた
- 大豆粕(SBM)またはSBMとトウモロコシとの組み合わせを置換した



RUP源としてのDDGS

- Pampら(2006年)
 - ◆ 乾燥DGと大豆タンパク質との比較、泌乳牛用飼料のRUP源としてまたRUP配合率の及ぼす影響を調べた
 - ◆ SBM(44%)、圧搾大豆粕、押出成形大豆および大豆皮の組み合わせをDGSで置換した
 - ◆ 基本飼料はトウモロコシ・サイレーズ38.5%、乾燥アルファルファ16.5%および濃厚飼料45%とした



飼料原料(%) 乾物ベース

原料	飼料				
	対照	MPS (Medium Protein Soy diet)	MPD (Medium Protein DDGS diet)	HPS (High Protein Soy diet)	HPD (High Protein DDGS diet)
トウモロコシ・サイレージ	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5
乾燥アルファルファ	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5
DDGS	0	0	11.0	0	22.0
粉砕トウモロコシ	23.4	21.6	18.0	20.0	12.6
SBM 44%	6.3	4.5	4.0	2.8	1.8
ソイプラス	0	6.0	3.2	11.7	6.4
押出豆類	5.0	5.0	2.5	5.0	0
大豆皮	8.0	5.4	4.1	3.2	2.3
ビタミン/ミネラル・ミックス	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3



タンパク質組成(%) 乾物比

栄養素 ¹	飼料				
	対照	MPS	MPD	HPS	HPD
CP	15.3	16.8	16.8	18.3	18.3
RDP	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
RUP	5.3	6.8	6.8	8.3	8.3

¹目標値はNRC 2001に基づいて算出

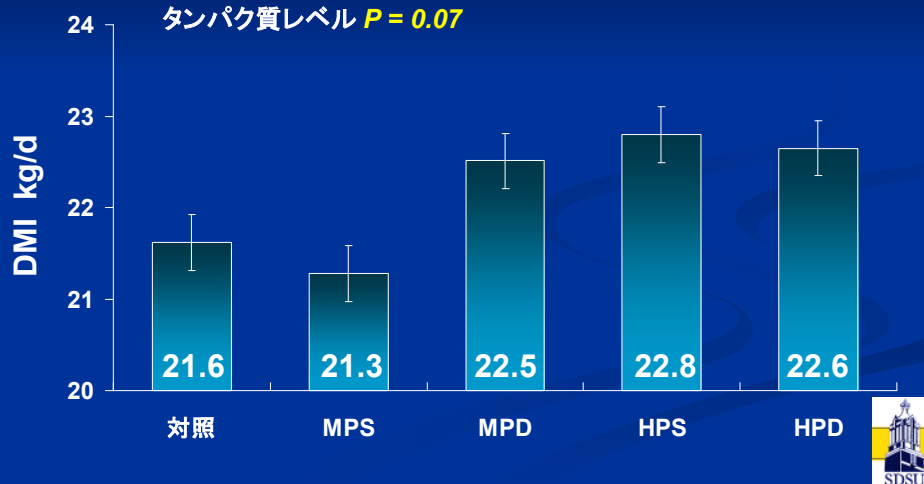


配合が飼料摂取量(DMI)に及ぼす影響

対照飼料 vs 添加 RUP $P = 0.19$

DG vs 大豆 $P = 0.25$

タンパク質レベル $P = 0.07$

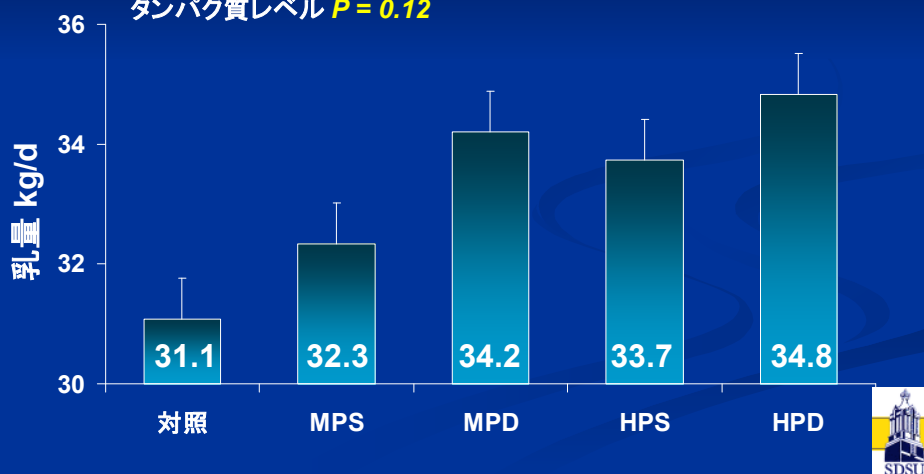


配合が乳量に及ぼす影響

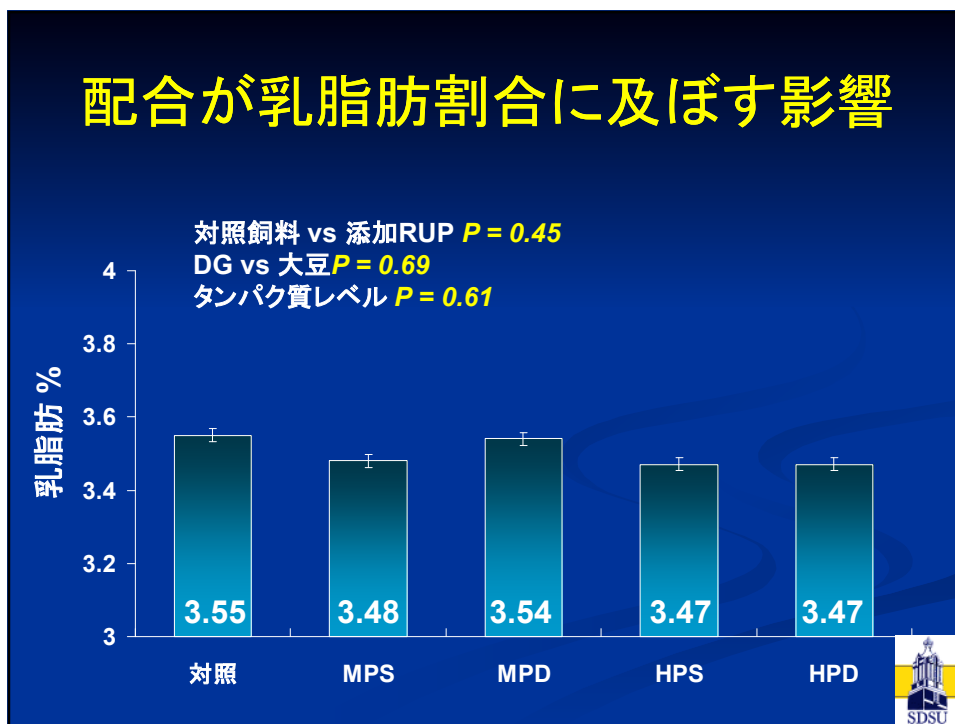
対照飼料 vs 添加 RUP $P = 0.001$

DG vs 大豆 $P = 0.03$

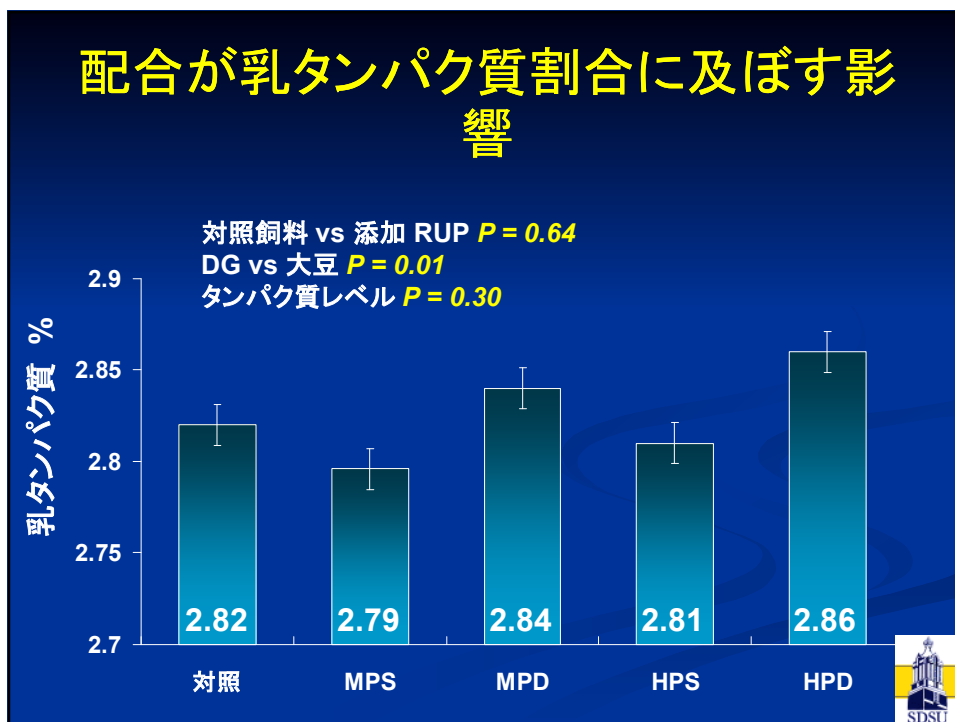
タンパク質レベル $P = 0.12$



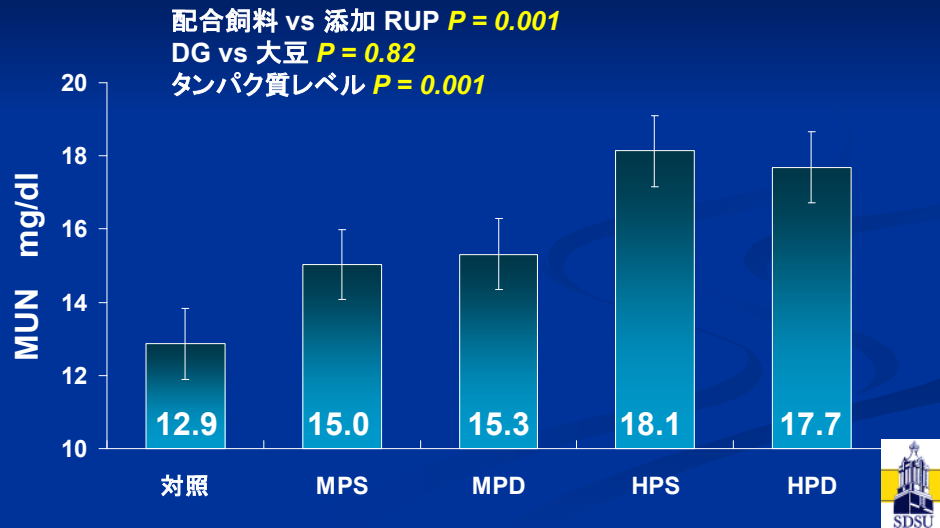
配合が乳脂肪割合に及ぼす影響



配合が乳タンパク質割合に及ぼす影響



配合が MUN(乳中尿素態窒素) に及ぼす影響



脱脂 DGSの配合

- Mjoun ら (2008)
 - ◆ 同様の飼料中CP(粗タンパク質)濃度で、脱脂(ローファット)DDGS (dDGS)の乳牛飼料配合について調べた
 - ◆ SBM (44%)、圧搾大豆粕および大豆皮の組み合わせをdDGSで置換した
 - ◆ 基本飼料はトウモロコシ・サイレージ 38%、乾燥アルファルファ 12% および濃厚飼料 50% とした



飼料組成

原料	対照	10% dDGS	20% dDGS	30% dDGS
トウモロコシ・サイレージ	38.0	38.0	38.0	38.0
乾燥アルファルファ	12.0	12.0	12.0	12.0
粉碎トウモロコシ	17.6	17.3	16.8	16.3
脱脂 DDGS	0.0	10.0	20.0	30.0
大豆粕 44%	8.1	5.3	2.7	0.0
压榨大豆粕	9.3	6.2	3.1	0.0
大豆皮	12.0	8.0	4.0	0.0
Energy Booster	0.44	0.62	0.84	0.98
ビタミンおよびミネラル*	2.00	2.07	2.13	2.21

* 石灰、第2リン酸カルシウム、塩、酸化マグネシウム、ビタミン・プレミックスを含む



脱脂 DGSの配合

項目	dDGSの配合率(%) 乾物比				SEM
	0	10	20	30	
DMI kg/d	22.7	22.9	24.5	22.2	0.84
乳量 kg/d	34.5	34.8	35.5	35.2	0.62
乳脂肪 %	3.18	3.40	3.46	3.72	0.18 ^L
乳タンパク質 %	2.99	3.06	3.13	2.99	0.04 ^Q
MUN mg/dL	15.8	14.6	13.7	13.0	0.42 ^L
ECM/DMI	1.46	1.52	1.47	1.63	0.05 ^L

^L 1次処理効果 ($P < 0.05$).

^Q 2次処理効果 ($P < 0.05$).



どの程度DDGSを 給餌できるか？



メタ分析

- 96種の配合から成る23件の試験を比較
 - ◆ 1982年から2005年の試験
 - 80年代: 14種の配合から成る5件の試験比較
 - 90年代: 41種の配合から成る8件の試験比較
 - 00年代: 41種の配合から成る10件の試験比較
 - ◆ ディスティラーズ・グレインの配合を評価したすべての試験を考察した
- 目的はディスティラーズ・グレインの給餌がDMI、乳量、乳脂肪およびタンパク質組成に及ぼす影響を見極めることであった



乾物摂取量 kg/d

DGS配合率	ドライ	ウェット	すべて
0%	23.5 ^c	20.9 ^b	22.2 ^b
4 - 10%	23.6 ^{bc}	23.7 ^a	23.7 ^a
10 - 20%	23.9 ^{ab}	22.9 ^{ab}	23.4 ^{ab}
20 - 30%	24.2 ^a	21.3 ^{ab}	22.8 ^a
> 30%	23.3 ^{bc}	18.6 ^c	20.9 ^{bc}
SEM (標準誤差平均値)	0.8	1.3	0.8

(Meta analysis, Kalscheur 2005)



乳生産量、kg/d

DGS配合率	ドライ	ウェット	すべて
0%	33.2	31.4	33.0
4 - 10%	33.5	34.0	33.4
10 - 20%	33.3	34.1	33.2
20 - 30%	33.6	31.6	33.5
> 30%	32.2	31.6	32.2
SEM	1.5	2.6	1.4

(Meta analysis, Kalscheur 2005)



乳組成 %

DGS配合率	脂肪 %	タンパク質 %
0%	3.39	2.95 ^a
4 - 10%	3.43	2.96 ^a
10 - 20%	3.41	2.94 ^a
20 - 30%	3.33	2.97 ^a
> 30%	3.47	2.82 ^b
SEM	0.08	0.07

(Meta analysis, Kalscheur 2005)



十分な有効繊維を給餌しない場合に 限り脂肪減少 (%)

飼料中の粗飼料の割合 (%)	LS 平均 (最小2乗平均) (%)	反応 (%)	<i>P</i> <
< 50%	3.21 ^b	-	
50%	3.50 ^a	0.287	0.01
> 50%	3.45 ^a	0.239	0.01

(Meta analysis, Kalscheur 2005)



若齡牛および乾乳牛ではどうか？



仔牛および未経産牛のための DDGS

■ 仔牛

- ◆ 離乳飼料では28%および56%の割合で、穀物およびタンパク質サプリメントを問題なく置換することができた



■ 成長期の未経産乳牛

- ◆ 飼料の20から30%までDDGSを配合することが可能である
- ◆ 必要とされる栄養素のバランスを維持し、エネルギーの必要量を満たしかつ摂取を制限して必要量超過を防ぐために、飼料中の粗飼料の割合を引き上げる
- ◆ エネルギーの過剰給餌は過剰な体重増につながる可能性がある



乾乳牛のためのDDGS



- ◆ 低栄養飼料(粗飼料等)とのバランスが取れる場合には、DDGSは低率(10%)での配合が可能である
- ◆ 乾乳期の牛への過剰な給餌は避けなければならない



現時点での推奨事項

- 栄養成分はプラントによって、また、同一プラント内でも異なることがある – 栄養成分を確認すること
- 濃縮デスティラーズ・ソリュブル (CDS) の添加次第で、デスティラーズ(ウェットまたはドライ)の栄養成分が大幅に変化することがある
- 泌乳牛用飼料には高品質DDGSを 20%まで 配合できる可能性がある
 - ◆ 飼料には十分な有効繊維を配合しなければならない
 - ◆ リジンの量が適切になるよう注意すること
 - ◆ リンは飼料の 0.38 から 0.40% を超えてはならない



現時点での推奨事項

- 20%を上回るDDGSを飼料に配合することは可能であるが、有効繊維を十分に給餌し第一胃機能を正常に保ち、乳脂肪の低下を防がなければならない
- 一般に、30%を超えてDDGSを飼料に配合すると、成績が低下する結果となる



DDGSのウェブサイト

- SDSU ウェブサイトの酪農情報：
<http://dairysci.sdstate.edu/publications/topic.cfm> トピックメニューから「ディスティラーズ・グレイン」を選択
- 電子メールアドレス：
kenneth.kalscheur@sdstate.edu



