

コーン蒸留副産物の肉牛への給与

Kent Tjardes and Cody Wright

肉牛専門普及員(Cooperative Extension Specialist)

エタノール産業は、近年、サウスダコタ州や周りの州で拡張期の真只中にある。多くのエタノール工場が建設され、生産が開始されると、家畜飼料向けの副産物の供給が劇的に増加する。

副産物は畜牛産業に対して生産性を犠牲にすることなく大きく飼料コストを減少させる機会を与えてくれる。しかし、これらの製品を給与する前に解決しなくてはならない重要な問題がある。

新しい工場の多くはコーンからエタノールを生産するのにドライミリング（乾燥製粉）工程を用いている。ドライミリング（乾燥製粉）（マッシュの留出物）は穀類の殻を取り、粉碎して荒い粉にすることを含む。それらに水と、でんぷんを糖に転換する酵素が添加される。この時点において、混合は（以下「マッシュ」と言う）過熱され殺菌された状態を指す。マッシュが冷やされるとイーストが添加され発酵工程が始まる。発酵の結果、エタノール、二酸化炭素、そしてスペントマッシュと呼ばれる穀類が残る。すべての混合物はエタノールを取り除くため蒸留され、余分な水分をできるだけ取り除くために遠心分離が行われる。

ドライミリング（乾燥製粉）での副産物

マッシュから取り除かれた液体は“シンスティレージ”または“スウィートウォーター”と呼ばれる。シンスティレージは残っているエタノールを抽出するために再度加熱、蒸留工程に導入されたり、家畜飼料として直接販売されたり、濃縮ジスチラーズ・ソリュブルズ（CDS）や“シロップ”を生産するために脱水されたりする。

残りの固形物はウェット・ジスチラーズ・グレイン（WDG）と呼ばれ、家畜飼料として直接販売されたり、乾燥ジスチラーズ・グレイン（DDG）を生産するために脱水されたりする。

濃縮されたジスチラーズ・ソリュブルズは牛の飼料として直接販売されたり、ジスチラーズ・グレイン+ソリュブルズを生産するためにジスチラーズ・グレインと混合されたりする。ジスチラーズ・グレイン+ソリュブルズはウェット（生）（WDGS ; 乾物率 30%）、モ

ディファイ（調整品）（MDGS；乾物率 50%）、またはドライ（乾燥品）（DDGS；乾物率 90%）の形で販売される。

蒸留副産物を利用する際の初めの問題は副産物の栄養成分量を決定することである。他の副産物（大豆粕、大豆皮、ヒマワリ粕など）と同様に、蒸留副産物の栄養濃度は非常にばらつく。表 1 は一般的に報告されている異なった蒸留所での副産物の栄養価のリストである。栄養濃度のいくらかのばらつきはエタノールを生産するのに使用されるコーンの栄養成分の違いによるものである。異なったタイプのイースト、発酵、蒸留効率、乾燥工程、副産物に戻されて混合されるソリュブル（溶解物）の量などが栄養のばらつく原因になっている。

表 1. 乾物ベースで示されたコーン副産物の栄養濃度^a

	<i>CDS</i>	<i>WDG</i>	<i>MDGS</i>	<i>DDG</i>	<i>DDGS</i>
乾物率 (DM) %	30–50	25–35	50	88–90	88–90
粗蛋白 (CP) %	20–30	30–35	30–35	25–35	25–32
分解性蛋白 (DIP) %CP	50	45–53	45–53	40–50	43–53
脂肪%	9–15	8–12	8–12	8–10	8–10
中性洗剤不溶繊維 (NDF) %	10–23	30–50	30–50	40–44	39–45
可消化養分総量 (TDN) %	75–120	70–110	70–110	77–88	85–90
維持のための正味エネルギー (NE _m) Mcal/lb	1.00–1.15	0.90–1.10	0.90–1.10	0.89–1.00	0.98–1.00
増体のための正味エネルギー (NE _g) Mcal/lb	0.80–0.93	0.70–0.80	0.70–0.80	0.67–0.70	0.68–0.70
カルシウム、%	0.03–0.17	0.02–0.03	0.02–0.03	0.11–0.20	0.17–0.26
リン、%	1.3–1.45	0.5–0.8	0.5–0.8	0.41–0.80	0.78–1.08

^a NRC および業界誌から採用

いくつかの工場は製品の保証栄養成分の表示票を提供しているが、これらの値は単に特定の副産物の最低および最高の栄養成分量を推定しているだけである。運ばれた物ごとに分析することが、どの副産物についても実際の栄養濃度を見極めるために望まれる選択である。しかし、保存期間が限られた副産物を給与する場合（CDG, WDG, WDGS）、この方法は現実的ではない。したがって、最低、乾物率を測定し、乾物でどれくらい購入し、牛に給与したのかを把握するべきである。

蒸留副産物の給与

シンスティレージ シンスティレージは 5 から 10%の乾物しか含んでおらず、牛の飼料給与体系では水に置き換えて使用できる。研究では水をシンスティレージで置き換えた場合、生産性を落とすことなく乾物摂取量を減少させることができることを示唆している。

牛がシンスティレージを飲むようにするためには馴致期間が必要である。すべての牛がシンスティレージを飲むわけではないので、飲まない牛は普通の水が飲めるペンに移動させなくてはならない。

給水器や給水ラインは微生物の生育を抑えるために頻繁に清掃しなくてはならない。飼料はシンスティレージを水に置き換えたことにより増加した栄養分を考慮して調整しなくてはならない。栄養成分は非常にばらつきがあるので、新しいシンスティレージが配送されるたびに、サンプルをとって分析をするべきである。

濃縮ジスチラーズ・ソリュブルズ

CDS を生産するためにシンスティレージは水分が約 70%になるまで頻繁に脱水される。濃縮されたジスチラーズソリュブルは飼料を整えるための追加の蛋白、エネルギーそして水分を供給する。

サウスダコタ州立大学での試験では飼料乾物中 10%までの CDS の添加は日増体量と増体効率を改善したことを示唆している。10%添加をもとに計算すると、1日当たり乾物で 18 ポンド食べる 700 ポンドの去勢牛は CDS から乾物で 1.8 ポンド、または現物ベースで 6 ポンドの CDS を摂取することになる (表 2)。現物ベースで 1000 ポンドの去勢牛なら 8 ポンド、1300 ポンドのメス牛なら 9 ポンド以下の CDS を給与することができる。

表 2. 異なる牛のタイプにおける最高副産物給与量 単位：ポンド

牛のタイプ	体重の範囲	最高給与量			
		WDG ^a	MDGS ^a	DDG ^a	CDS ^b
育成牛	500—700	10—12	5.5—7	3—3.5	4—6
仕上げ期の去勢肥育牛	900—1200	15—20	9—12	4.5—6	7.5—10
乳牛	1200—1500	16—20	9.5—12	5—7	8—10

^a最高給与量を乾物摂取量の 20%と仮定；WDG；乾物率 30%、MDGS；乾物率 50%、DDG；乾物率 90%

^b最高給与量を乾物摂取量の 10%と仮定；CDS；乾物率 30%

注意すべき点：CDS は原料により最高 15%の脂肪を含むが、6%以上の脂肪を含む肉牛飼料は繊維の摂取量と消化率を低下させるかもしれない。すでに 3%以上の脂肪を含む飼料（開花初期のアルファルファやコーン）に CDS を乾物 s で 20%以上添加した場合、飼料中

の脂肪含量は6%以上になる ($20\% \times 15\% = 3\%$; $80\% \times 3\% = 2.4\%$; $3\% + 2.4\% = 5.4\% < 6\%$)

ジスチラーズ・グレインズ

ソリュブル（溶解物）を添加したまたは添加しないジスチラーズ・グレインは、中程度の蛋白飼料で肉牛飼料において他の蛋白源（大豆粕、ヒマワリ粕、尿素など）に置き換えて使用できる。ジスチラーズ・グレインの蛋白の約50%がルーメンで分解しない蛋白（UIP）、一般的には“バイパス蛋白”と呼ばれ、残りの50%がルーメン内で分解する蛋白（DIP）である。

ルーメン内微生物は効率良くでんぷんや繊維を消化し、微生物体蛋白を合成するのにある一定レベルのDIPを要求する。微生物体蛋白は肉牛にとって第一の蛋白供給源であるが、粗飼料主体の飼料では動物の要求量に見合った十分な量の微生物体蛋白の生産ができない。しかし、幸運なことに様々な飼料から供給される多くのUIPは小腸での消化が可能となる。しばしば、微生物体蛋白とUIPの組み合わせが代謝蛋白の要求量を満たすために必要となる。

質のよくない粗飼料を食べている牛は一般的に飼料の消化率と生産性を向上させるためにDIPの添加を必要とする。年とった、より成熟した牛ではDIPの多い蛋白源の添加は栄養要求量を満たすのに十分となる。しかし、育成牛や若い牛では栄養要求量が多く、成長や妊娠、そして泌乳が要求する栄養要求量を満たすためにはUIPの添加が必要かもしれない。粗飼料消化のためのDIPの要求量が満たされれば、UIPの高いレベルの添加は若牛の成長と繁殖成績を改善するかもしれない。

サプリメントはDIPとUIPの要求量を満たすために様々な飼料原料を用いて設計されるが、DDGまたはDDGSは牛に対しこれだけを蛋白源として給与することができる。DDGまたはDDGSを唯一の蛋白源として給与する時、より高いレベルの粗蛋白はDIPの要求量にあわせて給与されなくてはならないことを覚えておくことが大切である。

一般方法として、DIPと同じ量を給与するために、2.7ポンドのDDGSをCP44%の大豆粕1ポンドに置き換えて使用する。

ジスチラーズ・グレインは、また、フィードロットの飼料にも有効である。ネブラスカ州やアイオワ州の研究は育成や肥育牛でジスチラーズ・グレイン（生でも乾燥品でも）を飼料乾物中40%までコーンに置き換えることができることを示唆している。

多くの試験では飼料乾物中 15 から 20%のジスチラーズ・グレインの給与は平均日増体量および増体効率を改善した。通常、蛋白が低い粗飼料を含むコーン主体の飼料で飼料乾物中 20%までのジスチラーズ・グレインは過剰な窒素排泄をさせることなく使用することができる。

カンザス州とアイオワ州の試験では飼料乾物中 40%およびそれ以上のジスチラーズ・グレインの給与は、低い添加割合の時に比べて生産性と増体効率、そして屠体の品質を低下させたりすることを示している。18 ポンドの乾物を摂取する 700 ポンドの去勢牛に対して 20%のジスチラーズ・グレインを飼料に含むためには 4 ポンドの DDG か 12 ポンドの WDG が給与されなくてはならない。(表 2)

フィードロット飼料におけるジスチラーズ・グレインの栄養学的な利点のほかに、生(ウェット)のジスチラーズ・グレインに含まれる水分は乾燥した飼料の水分を調整にも役立つ。

蛋白に加えて、ジスチラーズ・グレインは非常に消化性に優れた繊維と脂肪を含み、その結果コーンと同様かそれ以上のエネルギー価を持つ。消化性に優れた繊維としてエネルギーを供給することによってでんぷんの多い飼料に伴う負の影響(粗飼料の摂取量および消化率の低下)を避けることができる。さらに、ジスチラーズ・グレインに含まれる繊維はフィードロットの牛の消化器障害を防止するのを助けるかもしれない。

乾燥品および水分調整したジスチラーズ・グレインは乾燥工程によるけれども、「焼ける」可能性がある。

ジスチラーズ・グレインは実際には燃えないが、熱や過剰の糖に長時間さらすと化学的な“褐変反応”が起り、その部分の炭水化物と蛋白は動物が利用できなくなる。この反応は空気が進入して積み上げたアルファルファの乾草が異常に温度が高くなるのと同様である。

一般的に DDG、DDGS、MDG 及び MDGS は明るい、金色から黄褐色の色調でビールのような香りがする。もし、製品が焼けていたら色調は顕著に黒くなり焦げた糖蜜のにおいがする。供給者はしばしば飼料価値の低下を計算に入れて、焼けた製品の価格を割り引くことがある。

価格はエネルギー価および利用可能な蛋白の低下を反映するべきで、焼けた製品はサンプルをとって分析を行い、正確にこれらの値を見積もらなくてはならない。研究所での分

析には蛋白のダメージの量を見積もるために、ADIN (Acid detergent insoluble nitrogen ; 酸性洗剤不溶解窒素) が含まれていなくてはならない。ADIN の値は窒素を示しているだけなので、それに **6.25** を乗じて適切な蛋白の値を計算しなくてはならない。計算された蛋白の値は利用できない粗蛋白の量を示す。

例えば、サンプルが **1.2%** の ADIN を含んでいた場合、利用できない蛋白の値は **7.5%** (1.2×6.25) となる。したがって、サンプルが **30%** の粗蛋白を含んでいる場合、たった **22.5** ($30 - 7.5$) % の粗蛋白が利用可能ということになる。

ミネラルについての考察

ジスチラーズ・グレインを給与する時、飼料中のミネラルがどのような影響を受けるか気をつけておかななくてはならない。ジスチラーズ・グレインはカルシウムが低く、リンと硫黄が高い。ジスチラーズ・グレインの給与は十分なリンを供給するため、粗飼料中心の飼料を与えられている牛のリンを供給するための飼料原料をミネラルミックスから取り除くことができるかもしれない。

フィードロットの飼料は一般的にコーンを多く含むため過剰なリンを含んでおり、蒸留副産物が使用されると、排泄物管理プランを計算する時に、さらなるリンが入ることを考慮しなくてはならない。また、適切な成長と尿石を防止するためにカルシウムとリンの比率は **7 : 1** より小さく、**1.2 : 1** と同じか大きくなくてはならない。カルシウムの補給はカルシウムの高い飼料 (アルファルファ) から供給されるべきであるが、通常はライムストーン (炭酸カルシウム) で供給されることが多い。

ジスチラーズ・グレインはまた、硫黄が高いことが多い。飼料中の硫黄の過剰は二つの理由で反芻動物にとって問題となる。

一つ目は、飼料や水からの高レベルの硫黄 (飼料乾物中 **0.4%** 以上) は脳脊髄灰白質軟化症 (PEM)、または“ブレイナー”を引き起こすこと。二つ目は、硫黄は銅の吸収と代謝を阻害することである。この拮抗はモリブデンの存在によってさらに悪化する。水の硫黄含量が高い傾向のある地域の生産者は、サプリメントとしてジスチラーズ・グレインを使用する時は気をつけなくてはならない。

貯蔵に関する考察

貯蔵は、また、副産物を使用する際の大きな問題である。CDS やシンステイレージは水分含量が高いので、低い気温ではゲル化したり凍ったりする。これらの製品を凍結から守るための貯蔵設備が必要となる。冬季の長期保存には貯蔵タンクを土に埋めるか加熱する

かしなくてはいけない。

これらの製品の固形部分の一部は液体から分離する。したがって、再循環させるかかき混ぜるかする能力を持ったタンクは長期保存に向いている。

ソリュブル（溶解物）を含むまたは含まないウェット（生）のジスチラーズ・グレインは水分含量が約 70%あり、このことが貯蔵することを難しくしている。この製品は冬季にはソフトボールサイズの塊となって凍り、飼料に混合するのをより困難にし、その結果、飼料は均一化しない。

暖かい気候での WDG の取り扱いはより難しい。生のジスチラーズ・グレインは使用できなくなるまでに 7 日間の有効期間があるが、この状況ではカビが生え、4 日ぐらいで使用できなくなる。有機酸はこの保存期間を伸ばすことができるが、そのコストが余分にかかることを考慮しなくてはならない。

生のジスチラーズ・グレインはサイレージバッグの中でそのまま、またはかさを増やすために他の飼料と混合して 6 ヶ月以上保存することに成功している。サウスダコタ州立大学の研究者は WDG(現物で 70%、乾物で 50%)と大豆皮（現物で 30%、乾物で 50%）の混合品を貯蔵することに成功している。

ソリュブル（溶解物）を含む、もしくは含まない乾燥ジスチラーズ・グレインは、水分含量が 10 から 12%なので貯蔵はより簡単である。これらの製品は小さい粒度なので、風の当たらないところに貯蔵する必要がある。飼料用の貯蔵タンクまたは大量の飼料を保存する倉庫などが最適である。DDG は脂肪含量が高いが、夏季の脂肪の酸化は通常、問題にはならない。

経済性

副産物の経済価値を決定するとき、エネルギー（可消化養分総量、TDN）や粗蛋白ベース（CP）で比較するべきである。表 3 はいろいろな蒸留副産物をコーンと同じエネルギーベースで置き換えた場合、いくらかかるかを示したものである。様々な副産物を CP ベースで大豆粕と比較した同等値は表 4 に示した。これらの経済性は輸送や貯蔵に関する追加のコストを含んでいないことを注意しておかなくてはならない。これらの出費はどの飼料原料を決定する時にも注意深く評価しなくてはならない。

表 3. エネルギーベースでコーンと比較した副産物の同等価値^a

コーン (\$/bu)	副産物 (\$/トン)				
	<i>CDS</i>	<i>WDG</i>	<i>MDGS</i>	<i>DDG</i>	<i>DDGS</i>
1.50	20.09	18.26	30.44	54.79	60.27
1.60	21.43	19.48	32.47	58.44	64.29
1.70	22.77	20.70	34.50	62.09	68.30
1.80	24.11	21.92	36.53	65.75	72.32
1.90	25.45	23.13	38.56	69.40	76.34
2.00	26.79	24.35	40.58	73.05	80.36
2.10	28.13	25.57	42.61	76.70	84.38
2.20	29.46	26.79	44.64	80.36	88.39
2.30	30.80	28.00	46.67	84.01	92.41
2.40	32.14	29.22	48.70	87.66	96.43
2.50	33.48	30.44	50.73	91.31	100.45

^a 仮定；コーン、乾物 88%で TDN が 88%；CDS、乾物 30%で TDN が 97%；WDG、乾物 30%で TDN が 88%；MDGS、乾物 50%で TDN が 88%；DDG、乾物 90%で TDN が 88%；DDGS、乾物 90%で TDN が 97%

表 4. 粗蛋白ベースで大豆粕と比較した副産物の同等価値^a

SBM (\$/トン)	副産物 (\$/トン)				
	<i>CDS</i>	<i>WDG</i>	<i>MDGS</i>	<i>DDG</i>	<i>DDGS</i>
150	26.33	33.71	56.18	101.12	94.80
160	28.09	35.96	59.93	107.87	101.12
170	29.85	38.20	63.67	114.61	107.44
180	31.60	40.45	67.42	121.35	113.76
190	33.36	42.70	71.16	128.09	120.08
200	35.11	44.94	74.91	134.83	126.40
210	36.87	47.19	78.65	141.57	132.72
220	38.62	49.44	82.40	148.31	139.04
230	40.38	51.69	86.14	155.06	145.37
240	42.13	53.93	89.89	161.80	151.69
250	43.89	56.18	93.63	168.54	158.01

^a 仮定；大豆粕、乾物 89%で CP が 48%；CDS、乾物 30%で CP が 25%；WDG、乾物 30%で CP が 32%；MDGS、乾物 50%で CP が 32%；DDG、乾物 90%で CP が 32%；DDGS、乾物 90%で CP が 30%

まとめ

蒸留副産物は肉牛生産者に生産性を落とすことなく生産に要する単位あたりのコストを減少させる機会を提供している。

蒸留副産物の栄養上の特徴（エネルギーが高く、蛋白が中程度）は多くのタイプの牛に対し、様々な飼料給与戦略でも有効に組み込むことを可能にしている。しかし、蒸留副産物の使用は栄養上の特質、貯蔵、そして最も重要な経済性を考慮することを必要とする。蒸留副産物があなたの牧場で経済的に価値のある代替飼料かどうかを決定するときには、注意深く栄養、輸送、そして貯蔵コストを評価することが必須である。