

第5章

乳牛および肉牛用飼料に対するトウモロコシ発酵たん白質（CFP）の給与

初めに

肉牛および乳牛用飼料への CFP の利用についての広範囲な評価は行われていないが、エネルギーおよびたん白質の消化率は測定されており、育成牛および泌乳中の乳牛に CFP を給与しても問題ないとの結果が報告されている。本章では、一部の CFP の代謝エネルギー（ME）価、正味エネルギー（NE）価、アミノ酸および脂肪酸組成とともに、乾物（DM）、粗たん白質（CP）および中性デタージェント繊維（NDF）の分解性について概説する。

肉牛および乳牛用の飼料原料としての栄養特性

栄養組成

CFP の 1 製品（A+ Pro）、加水分解酵母（Ultramax）、HP-DDG および従来の DDGS 2 製品の DM、NDF および CP の分解率を比較するための *in vitro* 消化試験が行われている（Palowski ら、2021）。加水分解酵母製品の DM 分解率は従来の DDGS と同等であって、CFP および HP-DDG よりも高かった（表 1）。加水分解酵母および CFP の NDF 分解率は HP-DDG および従来の DDGS より低く、加水分解酵母は微粒子であったことから培養中にフィルターバッグから流出したため負の値を示した。ルーメン分解性たん白質（RDP）およびルーメン非分解性たん白質（RUP）は各トウモロコシ併産物間で差がなかった。小腸内分解性たん白質と全消化管可消化たん白質は、加水分解酵母では最も低かったが、それ以外のすべてのトウモロコシ併産物間では差がなかった。さらに、表 2 に示すように、CFP(NexPro) の炭水化物、無機物、脂肪酸およびアミノ酸含量と製品間の変動が調査されている。

表 1. CFP のルーメン内 NDF 分解性と、乾物、たん白質のルーメンおよび小腸内 *in vitro* 分解性（Palowski ら、2021 から引用）

分析値、%	CFP A+Pro	加水分解酵母 Ultramax *	HP-GGDS	GGGS Gakota Gold	DDGS Adsolute Energy
NDF のルーメン分解率 ¹	24	-8	53	62	79
ルーメン分解性 NDF	4	-1	24	16	30
ルーメン非分解性 NDF	14	7	21	10	8
DM の <i>in vitro</i> 総分解率 ²	86	93	79	90	92
ルーメン非分解性たん白質	57	52	59	55	56
推定小腸分解性たん白質	74	52	80	68	77
ルーメン分解性たん白質 ³	43	48	41	45	44
小腸で吸収される飼料由来のたん白質 ⁴	43	27	47	38	43
総可消化たん白質 ⁵	85	75	88	82	87

¹ NDF 分解率は 48 時間のインキュベーション後に測定した

² 48 時間のインキュベーション後に測定した *in vitro* 乾物分解率

³ ルーメン分解性たん白質 = 100 - ルーメン非分解性たん白質

⁴ 小腸から吸収される飼料由来の総たん白質 = ルーメン非分解性たん白質 × 推定小腸内分解性たん白質

⁵ 消化可能な飼料由来総たん白質 = ルーメン分解性たん白質 + 飼料由来の小腸分解性たん白質

* 負の値は、この製品が微粒子だったためにインキュベーション中にフィルターバッグから流出した可能性が高い

表 1. 同じ工場から入手した GFP (NexPro) の成分組成と変動 (ネブラスカ州フェアモント、POET 社の許可を得て提供されたネブラスカ大学の未公表データから改編)

分析値、DM%	平均値±標準偏差
DM	92.1±2.57
粗たん白質 (CP)	53.6±1.13
水溶性たん白質	4.52±0.82
中性デタージェント不溶性 CP	5.00±2.22
酸性デタージェント不溶性 CP	3.73±1.46
aNDF (α-アミラーゼと亜硫酸ナトリウムを用いて測定)	31.2±3.53
酸性デタージェント繊維 (ADF)	19.2±2.43
リグニン	1.96±0.76
糖	1.25±0.39
でん粉	1.47±0.28
粗脂肪	5.81±0.46
無機物	
粗灰分、%	3.47±0.37
カルシウム (Ca)、%	0.03±0.01
リン (P)、%	0.72±0.16
マグネシウム (Mg)、%	0.22±0.08
カリウム (K)、%	0.52±0.26
イオウ (S)、%	0.71±0.10
ナトリウム (Na)、%	0.12±0.03
塩素 (Cl)、%	0.08±0.01
鉄 (Fe)、mg/kg	120±12.9
マンガン (Mn)、mg/kg	16.7±7.51
亜鉛 (Zn)、mg/kg	116±67.8
銅 (Cu)、mg/kg	3.80±0.98
脂肪酸、DM%	
総脂肪酸	7.17±0.50
C14:0	0.01±0.005
C16:0	1.24±0.09
C16:1	0.01±0.003
C17:0	0.01±0.003
C18:0	0.17±0.01
C18:1ω9	1.63±0.16
C18:2ω6	3.87±0.30
C18:3ω3	0.15±0.01
C20:0	0.02±0.005
C20:1ω9	0.02±0.005
C22:0	0.01±<0.001
C24:0	0.02±0.005
C24:1	0.01±0.007
アミノ酸、DM%	
アルギニン (Arg)	2.29±0.13
ヒスチジン (His)	1.39±0.08
イソロイシン (Ile)	1.83±0.17
ロイシン (Leu)	6.53±0.34
リジン (Lys)	1.99±0.13
メチオニン (Met)	1.34±0.09
フェニルアラニン (Phe)	2.81±.13

トレオニン (Thr)	2.26±0.10
トリプトファン (Trp)	0.62±0.03
バリン (Val)	3.51±0.24
総必須アミノ酸	12.7±0.56
アラニン (Ala)	3.86±0.16
アスパラギン酸 (Asp)	3.96±0.15
システイン (Cys)	1.23±0.07
グルタミン酸 (Glu)	9.37±0.43
グリシン (Gly)	2.11±0.09
プロリン (Pro)	4.89±0.29
セリン (Ser)	3.00±0.13
チロシン (Tyr)	2.33±0.10
総非必須アミノ酸	30.8±1.26
総アミノ酸	55.3±0.10

泌乳中の乳牛に対する CFP 給与試験の概略

泌乳中の乳牛（ジャージー）に、トウモロコシ・サイレージ（40%）、アルファルファ乾草（18.1%）、粉碎トウモロコシ（14.3%）、大豆粕（加熱褐変処理、2.66%）、大豆皮（8.61%）、油脂（3%）、尿素（0.64%）、ビタミンおよびミネラルプレミックスを配合した飼料中の大豆粕と置き換えて CFP（NexPro）を 0、2.64、5.36 および 8% 配合した。CFP の配合により CP 含量が 16.14% から 16.06% へとわずかに低下し、CFP の粗脂肪含量は大豆粕に比べて高いため飼料中の総脂肪酸含量が増加した。CFP の配合量を増加させても、酸素消費量と二酸化炭素（CO₂）およびメタン生成量には影響がなかった（表 3）。しかし、CFP 配合量の増加に伴い、呼吸時の CO₂ 排泄量と酸素摂取量の比で示す呼吸商が二次曲線的に変動した。また、乾物摂取量（DMI）にも二次曲線的な影響がみられ、CFP 配合量の増加に伴い産乳量が直線的に増加した（表 4）。さらに、CFP 配合量の増加に伴い、エネルギー補正乳量（ECM）、DMI あたりの ECM、乳脂率と乳脂量および乳糖率と乳糖量が直線的に有意に高まった（表 4）。乳たん白率と尿素窒素には差はみられなかったが、より多量の CFP を配合すると乳たん白量が直線的に増加する傾向を示した。これらの結果は、CFP を最大 8% まで配合した飼料を乳牛に給与すると、産乳量、乳成分およびエネルギー効率が改善されることを示している。

表 3. CFP（NexPro）の配合量を増加させた場合の泌乳中のジャージー牛における酸素消費量、CO₂ とメタンの生成、呼吸商およびエネルギーの利用（POET 社の許可を得て提供されたネブラスカ大学の未公表データを改編）

測定値	CFP 0%	CFP 2.46%	CFP 5.36%	CFP 8%
ガス、L/日				
酸素摂取量	4,892	4,674	4,779	4,770
CO ₂ 産生量	4,995	4,861	4,984	4,869
メタン生産量	436	403	413	402
呼吸商 ^b	1.02	1.04	1.04	1.02
エネルギー、Mcal/kg				
総エネルギー（GE） ^a	4.25	4.26	4.28	4.31

可消化エネルギー (DE)	2.81	2.84	2.83	2.83
代謝エネルギー (ME)	2.48	2.54	2.54	2.53
参入に要する正味エネルギー (NE _L)	1.60	1.72	1.76	1.72
エネルギー効率				
ME: DE	0.88	0.90	0.90	0.89
NE _L : ME ^a	0.65	0.68	0.69	0.68

^a CFP 配合水準間に有意な一次回帰あり (p<0.05)

^b CFP 配合水準間に有意な二次回帰あり (p<0.05)

表 4. CFP (NexPro) の配合量を増加させた場合の泌乳中のジャージー牛における DM 摂取量、乳量と組成、水分摂取量およびボディ・コンディション・スコア (POET 社の許可を得て提供されたネブラスカ大学の未公表データを改編)

測定値	CFP 0%	CFP 2.46%	CFP 5.36%	CFP 8%
DM 摂取量 ^d 、kg/日	19.2	19.9	20.7	19.9
産乳量 ^b 、kg/日	27.8	28.6	29.8	29.0
ECM ^{1,a} 、kg/日	34.3	35.7	37.3	37.4
ECM/DM 摂取量 ^a	1.80	1.81	1.81	1.89
乳たん白質、%	3.35	3.43	3.40	3.40
乳たん白質生産量 ^b 、kg/日	0.93	0.98	1.01	0.99
乳脂肪 ^a 、%	5.05	5.18	5.15	5.47
乳脂肪生産量 ^a 、kg/日	1.40	1.46	1.53	1.58
乳糖 ^a 、%	4.86	4.89	4.90	4.93
乳糖生産量 ^a 、kg/日	1.35	1.40	1.46	1.43
尿素窒素、mg/dL	12.9	13.0	12.8	13.5
水分摂取量 ^{b,d} 、L/日	79.0	90.6	84.7	80.9
体重、kg	436	440	440	439
ボディ・コンディション・スコア	3.05	3.04	3.16	3.04

¹ エネルギー補正乳 (ECM) = 0.327 × 乳量 (kg) + 12.95 × 脂肪 (kg) + 7.20 × 真のタンパク質 (kg)

^a CFP 配合水準間に有意な一次回帰あり (p<0.05)

^b CFP 配合水準間に有意な一次回帰あり (p<0.01)

^c CFP 配合水準間に有意な二次回帰あり (p<0.05)

^d CFP 配合水準間に有意な二次回帰あり (p<0.01)

肉用育成牛に対する CFP 給与試験の概略

Wiseman ら (2020) は、体重 250 kg の交雑種去勢牛を用いて トウモロコシ・サイレージ主体飼料のたん白質補給源として CFP (NexPro)、加熱褐変処理大豆粕 (SoyPass) および大豆粕を 0、4.5、9.0、13.5 および 18% 給与した。その結果、加熱褐変処理大豆粕、CFP および大豆粕を 18% 給与した場合の日増体量は、対照飼料に比べてそれぞれ 56、42 および 32% 高まり、飼料効率 はそれぞれ 33、26 および 23% 改善された。これは、CFP、加熱褐変処理大豆粕 および大豆粕を肉用育成用の トウモロコシ・サイレージ主体飼料に補給すると発育成績が改善されることを示している、また、CFP および加熱褐変処理大豆を補給した場合には大豆粕に比べて改善効果がより大きかった。これは、CFP および加熱褐変処理大豆の RDP が大豆粕よりも多いことによる。

結論

CFP は、泌乳中の乳牛にとって優れた RDP およびエネルギー源であり、最大 8% まで配

合することで、産乳量、乳組成およびエネルギー効率を改善することが出来る。肉用育成牛では、CFP、加熱褐変処理大豆あるいは大豆粕をトウモロコシ・サイレージ主体の飼料に補給することで発育成績を高めることが出来、CFP および加熱褐変処理大豆におけるRDPは大豆粕よりも多くなる。

引用文献

- Kononoff, P.J. Feed characterization and studying the effects of a novel corn milling co-product (NexPro) on milk production, composition and nitrogen and energy utilization in lactating dairy cows. Unpublished study with permission for use granted by POET.
- Palowski, A., Z. Yang, J. Jang, T. Dado, P.E. Urriola, and G.C. Shurson. 2021. Determination of in vitro dry matter, protein, and fiber digestibility and fermentability of novel corn coproducts for swine and ruminants. *Transl. Anim. Sci.* 5:1-14. doi:10.1093/tas/txab055
- Wiseman, A.R., Z.E. Carlson, L.J. McPhillips, A.K. Watson, G.E. Erickson, and S.L. Tilton. 2020. Evaluation of RUP content of Nexpro dried distillers grains plus solubles and their effect on growing calf performance in corn silage based diets. The Board of Regents of the University of Nebraska, Nebraska Beef Cattle Report, p. 38-40.