

第3章

家禽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

家禽用飼料における CFP の利用についての報告は豚や養殖水産動物用飼料への利用に関する報告ほど多くはない。ただし、CFP は代謝エネルギー（ME）価や可消化アミノ酸含量が高く、急速な発育に必要なエネルギーおよび栄養密度が高い飼料を必要とするブロイラーや七面鳥における最適な飼料原料である。以降に様々な CFP の ME 価、アミノ酸組成および消化率と、CFP を使用した場合のブロイラーおよび七面鳥の発育成績と環境への影響に関する研究成果を概説する。なお、残念なことに産卵鶏に対する CFP の使用の評価に関する報告はない。

家禽用飼料原料としての CFP の栄養特性

栄養組成

3つの異なるプロセスを用いて生産された CFP 3製品の粗たん白質（CP）、粗脂肪、粗繊維および粗灰分含量を表1に示す。3製品の CP 含量は近似しており、リジン：CP 比は 3.82～4.19 と従来の DDGS に比べてはるかに高いが、粗脂肪、粗繊維および粗灰分含量は製品間で大きく異なる。従来の DDGS と同様に、CFP はカルシウム（Ca）含量が低く、リン（P）含量は 0.68～1.1%である。これらの結果は、CFP は製品間で CP 以外の栄養成分が異なるために、家禽における最適な栄養効率と発育成績を得るために、使用する CFP の供給源を把握しておくことが重要となる。

分析値	ANDVantage 50Y ¹	NexPro ²
乾物（DM）、%	90.0	100.00
粗たん白質（CP）、%	51.1	53.0
リジン（Lys）：CP	3.82	4.19
粗脂肪、%	9.6	5.1
酸分解エーテル抽出物、%	9.90	-
粗繊維、%	8.5	-
中性デタージェント繊維（NDF）、%	27.5	24.1
酸性デタージェント繊維（ADF）、%	20.0	4.83
可溶性食物繊維、%	2.8	-
不溶性食物繊維、%	29.2	-
総食物繊維（TDF）、%	32.0	-
粗灰分、%	2.17	5.49
カルシウム（Ca）、%	0.01	0.05
リン（P）、%	0.68	1.1
イオウ（S）、%	0.64	-
マグネシウム（Mg）、%	0.07	-
カリウム（K）、%	0.29	-

ナトリウム (Na)、%	0.04	0.05
--------------	------	------

¹ The Andersons, Inc. からの許可を得て提供された製品仕様書（供給時）

² Correy ら、から入手した公表データ（乾物値）、2019

代謝エネルギー（ME）

CFP の家禽における ME 価は豚の ME 価を基に推定されている。主要な 3 製品すべてについて評価が行われており（表 2）、ANDVantage 50Y と NexPro では窒素補正された真の ME（TMEn）価が、ProCap Gold では窒素補正された見かけの ME（AMEn）価が推定されている（3,546 kcal/kg；オーバーン大学の Bill Dozier 博士による未公表データで、Marquis Energy 社の許可を得て掲載）。これら 3 製品の相対的な ME 価を比較することは難しいが、CFP の ME 価は従来の DDGS の 130~150% であって、ブロイラーおよび七面鳥用の優れた飼料原料であることは明らかである。

分析値	ANDVantage 50Y ¹	NexPro ²
乾物（DM）、%	93.76	93.52
総エネルギー（GE）、kcal/kg	5,636	5,366
代謝エネルギー（ME）、kcal/kg	3,378	3,713
ME/GE	0.60	0.69

¹ TMEn = 窒素補正した真の ME；The Andersons 社の許可を得て提供された未公表データ

² TMEn 価（6 試料の平均値）；POET 社の許可を得て提供された未公表データ

可消化アミノ酸

ANDVantage 50Y と NexPro の必須および非必須アミノ酸含量と消化率を表 3 に示した。アミノ酸含量と消化率は製品によって異なるが、一般的に見て CFP は家禽用飼料に使用され得る消化率が高いアミノ酸原料であるものの、家禽において最適な栄養効率と発育成績を得るためには使用する CFP の供給源を把握することが重要である。

分析値 ¹	ANDVantage 50Y ²	NexPro ³
乾物（DM）、%	90.0	93.0
粗たん白質（CP）、%	51.1	50.2
リジン（Lys）：CP	3.82	4.19
アルギニン（Arg）	2.62 (91)	2.37 (96)
ヒスチジン（His）	1.81 (89)	1.46 (91)
イソロイシン（Ile）	2.16 (87)	2.22 (93)
ロイシン（Leu）	6.53 (93)	6.65 (94)
リジン（Lys）	1.95 (83)	2.11 (85)
メチオニン（Met）	1.08 (91)	1.26 (94)
フェニルアラニン（Phe）	2.75 (90)	2.82 (95)
トレオニン（Thr）	1.98 (85)	2.17 (87)
トリプトファン（Trp）	0.42 (89)	0.51 (89)
バリン（Val）	2.58 (87)	2.96 (90)
アラニン（Ala）	3.82	3.51 (91)

アスパラギン酸 (Asp)	3.49	3.62 (87)
シスチン (Cys)	1.12 (92)	0.90 (87)
グルタミン酸 (Glu)	8.87	7.61 (93)
グリシン (Gly)	1.96	2.00
プロリン (Pro)	4.17	3.46 (93)
セリン (Ser)	2.39	2.25 (89)
チロシン (Tyr)	2.32	2.08 (87)

¹ 括弧内の値は、家禽におけるアミノ酸回腸消化率 (%)

² アミノ酸データの未発表の消化率は The Andersons, Inc. の許可を得て掲載

³ アミノ酸含量 (乾物) と消化率は POET の許可を得て掲載

可消化リン

GFP の家禽における P 消化率と相対的な利用可能性に関する報告はないが、Mutucumarana ら (2014) は、飼料原料中の可消化 P 含量について非フィチン態 P の値を用いるのは正確ではないとしている。これは、しばしば飼料原料中の可消化 P 含量が非フィチン態 P 含量よりも高いためである。ただし、DDGS を評価している報告から得られた家禽の P 消化率と利用率の推定値を使用することは妥当である。Mutucumarana ら (2014) は、トウモロコシ DDGS の真の可消化 P 含量は 0.59% であって、全 P の約 73% を占めるとしている。Wamsley ら (2013) は、彼らが評価した DDGS の P 利用率は 66~68% であると推定しており、この値は Martinez-Amezcuca ら (2006) による報告と一致している。したがって、GFP 中の P の家禽における消化率と利用率の測定が行われるまでの間は、家禽では GFP 中の全 P の約 60% が利用可能であると仮定するのが妥当である。ただし、いくつかのエタノール工場では発酵工程中にフィターゼを添加することで、難消化性のフィチン態 P から可消化 P リンへの変換割合をさらに高めていることに注意する必要がある (Reis ら、2018)。フィターゼが P 消化率を高めるため、使用しているトウモロコシ併産物の生産工程中でのフィターゼ使用の有無を確認しておく必要がある。

ブロイラーに対する GFP 給与試験の概略

Burton ら (2021) は、飼料中の大豆粕を GFP (NexPro) で置き換えた場合の効果を評価するためのブロイラーを用いた飼育試験を実施している。ブロイラー (Ross) 雄初生雛の体重を測定したのち 1 ペンに 9 羽ずつ収容し、GFP を 0、5 および 10% 配合した飼料を 6 週間給与した。0~21 日には前期用飼料を、21~42 日は後期用飼料を給与した。GFP を 10% 配合した場合、GFP を含まない対照飼料と比較して飼料摂取量が多く、飼料効率が低下した (表 4)。GFP を 10% 配合した場合の窒素 (N) 蓄積率は対照飼料と同等であり、GFP を 5% 配合した場合には両飼料に対して改善された (表 4)。N 蓄積率の改善は、これらの飼料で GFP を大豆粕と部分的に置き換える際に、結晶リジン (Lys)、メチオニン (Met)、アルギニン (Arg)、トレオニン (Thr) およびバリン (Val) を補給して、アミノ酸バランスを補正した結果であるといえる。

表 4. CFP (NexPro) の配合割合を増加させた飼料を 42 日間給与した場合のブロイラーの発育成績、窒素保持および屠体の収量に及ぼす影響 (Burton ら、2021 から引用)

測定値	CFP 配合割合、%		
	0 %	5 %	10%
開始時体重、g	45	45	44
終了時体重、g	3,360	3,439	3,339
増体量、g	3,315	3,394	3,295
飼料摂取量、g/羽	4,848 ^b	5,042 ^{ab}	5,151 ^a
飼料要求率	1.47 ^a	1.49 ^a	1.57 ^b
窒素 (N) 保持率、%	29.4 ^a	30.4 ^a	28.7 ^b
屠体歩留まり、kg	1.41	1.49	1.45

^{ab} 異付号間に有意差あり (p<0.05)

七面鳥に対する CFP 給与試験の概略

Burton ら (2021) は、ブロイラーを用いた試験と同様に七面鳥用飼料中の大豆粕を CFP (NexPro) で置き換えた場合の発育試験を実施している。雄の七面鳥 (BUT6) 初生雛の体重を測定したのち 1 ペンあたり 5 羽を収容し、CFP を 0、4 および 8 % 配合した飼料を 6 週間給与した。0~21 日には前期用飼料を、21~42 日は後期用飼料を給与した。CFP を 8 % 配合した場合、CFP を含まない対照飼料より飼料要求率が改善され、窒素蓄積率が高まった (表 5)。窒素蓄積率の改善は、CFP を大豆粕と部分的に置き換える際に、結晶 Lys、Met、Arg、Thr および Val を補給して、アミノ酸バランスを補正した結果であるといえる。

表 5. CFP (NexPro) の配合割合を増加させた飼料を 42 日間給与した場合の七面鳥の発育成績、窒素保持および屠体の収量に及ぼす影響 (Burton ら、2021 から引用)

測定値	CFP 配合割合、%		
	0 %	4 %	8 %
開始時体重、g	66	66	66
終了時体重、g	2,328	2,423	2,518
増体量、g	2,262	2,357	2,452
飼料摂取量、g/羽	3,741	3,850	3,743
飼料要求率	1.66	1.64	1.61
窒素保持率、%	18.3 ^b	21.0 ^{ab}	21.8 ^a

^{ab} 異付号間に有意差あり (p<0.05)

結論

CFP をブロイラーや七面鳥に給与した場合の飼料価値と発育成績への反応に関する入手可能なデータからは、CFP が従来の DDGS と比べてエネルギー価が高く、消化しやすいアミノ酸飼料原料であることを示しており、ブロイラー用飼料では最大 10% まで、七面鳥用飼料では最大 8 % まで配合しても許容できる発育成績や窒素保持率が得られるものと思われる。

引用文献

- Burton, E., D. Scholey, A. Alkhtib, and P. Williams. 2021. Use of an ethanol bio-refinery product as a soy bean alternative in diets for fast-growing meat production species: A circular economy approach. *Sustainability* 13:11019. <https://doi.org/10.3390/su131911019>
- Correy, S., P. Utterback, D. Ramchandran, V. Singh, S.P. Moose, and C.M. Parsons. 2019. Nutritional evaluation of 3 types of novel ethanol coproducts. *Poult. Sci.* 98:2933–2939. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pez043>
- Martinez-Amezcu, C., C.M. Parsons, and D.H. Baker. 2006. Effect of microbial phytase and citric acid on phosphorus bioavailability, apparent metabolizable energy, and amino acid digestibility in distillers dried grains with solubles in chicks. *Poult. Sci.* 85:470–475.
- Mutucumarana, R.K., V. Ravindran, G. Ravindran, and A.J. Cowieson. 2014. Measurement of true ileal digestibility of phosphorus in some feed ingredients for broiler chickens. *J. Anim. Sci.* 92:5520–5529.
- Reis, C.E.R., Q. He, P.E. Urriola, G.C. Shurson, and B. Hu. 2018. Effects of modified processes in dry-grind ethanol production on phosphorus distribution in coproducts. *Ind. Eng. Chem. Res.* 57:14861–14869. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.8b02700>
- Wamsley, kg.S., R.E. Loar II, K. Karges, and J.S. Moritz. 2013. The use of practical diets and regression analyses to determine the utilization of lysine and phosphorus in corn distillers dried grains and solubles using Cobb 500 male broilers. *J. Appl. Poult. Res.* 22:279–297.