

DDGSの低脂肪化と家禽用飼料原料としての利用性

低脂肪DDGSの製造方法

米国のエタノール工場における乾式粉碎による一般的なとうもろこしDDGSの製造工程の概略は図1に示したとおりであり、①原料トウモロコシを粉碎、②水と再生スティレージを加えたのちデンプン分解酵素を加えて糖化、③酵母を加えて発酵、④発酵産物からのエタノールの回収と蒸留、⑤スティレージ（エタノール回収後に残った液状部分と固形物）をウエットグレインとシンスティレージに遠心分離、⑥シンスティレージ中の水分を蒸発させてできたシロップ（濃縮ジスチラーズ・ソリュブル）をウエットグレインと混合して乾燥することでDDGSが製造される。

この行程中のシンスティレージには原料トウモロコシ中で利用可能なトウモロコシ油の約30%が含まれており、シンスティレージを濃縮する前段階で含まれているトウモロコシ油を加熱抽出し、抽出した粗トウモロコシ油を販売（バイオディーゼル原料向けが全体の約90%で養鶏用油脂原料向けが約10%とされている）することで経営的にかなり優位性が得られる。このため、最近米国内のエタノール工場では、シンスティレージからのトウモロコシ油抽出装置を組み入れる動きが加速している（アメリカ穀物協会では、2012年12月現在、米国内のエタノール工場のおよそ60~70%でトウモロコシ油の抽出を行っていると推定している）。その結果、これまで利用されてきたDDGSに比べて粗脂肪含量が低いDDGS（低脂肪DDGS）の生産量も増加している。

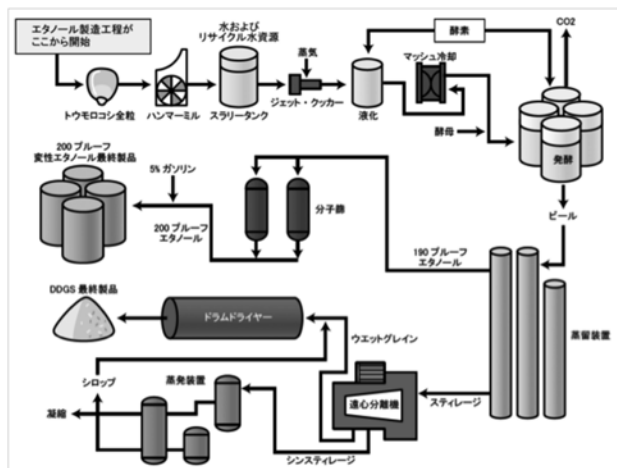


図1 乾式粉碎によるDDGSの製造工程

一般的なDDGSの栄養成分と鶏におけるAMEn価

2007年以降に発表された12文献中で示されている一般的なDDGSの粗たん白質および粗脂肪含量は表1に示したとおりであり、合計100点のデータの平均では粗たん白質が29.8%、粗脂肪が11.9%（いずれも乾物換算値）となっている。この数値は日本標準飼料成分表（2009年版）（農業・食品産業技術総合研究機構、2010）の収載値（粗たん白質28.9%、粗脂肪12.2%）とほぼ一致している。

一方、鶏における見かけのAMEn（窒素補正代謝エネルギー）価は4文献中で示されているが、合計11点のDDGSの

表1 一般的なDDGSの成分分析値（乾物、%）

出典	分析点数	乾物	粗たん白質	粗脂肪
Pedersenら (2007)	10	87.6±1.2(1.4)	32.2±2.0(6.2)	11.7±1.6(13.7)
Adeola & Ileleji (2009)	1	89.5	30.8	10.6
Steinら (2009)	4	89.3±1.7(1.9)	31.6±0.7(2.2)	13.2±1.5(11.4)
Mendozaら (2010)	17	90.2±2.2(2.4)	30.4±1.2(3.9)	10.5±0.8(7.6)
Mjouraら (2010b)	1	88.5	30.8	10.6
佐伯 (2010)	4	88.1±0.9(1.0)	29.3±1.3(4.4)	12.8±1.1(8.6)
米持 (2010)	31	91.0±1.4(1.5)	28.6±0.9(3.2)	12.1±1.3(10.7)
米持 (2010)	8	89.4±1.4(1.5)	30.4±1.7(5.4)	12.5±1.5(11.6)
米持 (2010)	12	90.0±0.9(1.0)	28.3±0.4(1.6)	13.0±0.5(3.9)
Andersonら (2012)	6	89.1±2.4(2.7)	31.3±1.9(6.1)	11.4±1.3(6.1)
Rochellら (2011)	5	90.2±2.5(2.8)	29.4±1.9(6.5)	11.2±0.7(6.3)
Adeola & Zhai (2012)	1	90.1	31.9	11.2
農業・食品産業技術総合研究機構 (2010)		90.7±1.5	28.9±1.6	12.2±1.3

注) 平均値±標準偏差、()内は変動係数

表2 一般的なDDGSのAMEn価と代謝率

出典	分析点数	総エネルギー(GE) (乾物、kcal/kg)	AMEn (乾物、kcal/kg)	代謝率(%)
Adeola & Ileleji 2009	1	5376	3115	57.9
佐伯 (2010)	4	5362±45(0.8)	2860± 93(3.3)	53.3±1.4(2.6)
Rochellら (2011)	5	5311±79(1.5)	2781±214(7.7)	52.2±4.4(8.4)
Adeola & Zhai (2012)	1	5285	2983	56.4
農業・食品産業技術総合研究機構 (2010)		5360±100	3200	59.7

注) 平均値±標準偏差、()内は変動係数

平均AMEn値は2859kcal/kg(乾物換算値)であって、日本標準飼料成分表(2009年版)の収載値(3200kcal/kg)に比べてかなり低い。日本飼料成分表では、2004年にDDGSの栄養価が農林水産省による告示改正が行われた当時のAMEn値がそのまま用いているが、栄養価申請の際に実施された代謝試験で用いられたDDGSの粗脂肪含量が13.7%(乾物換算値)と現状のDDGSよりかなり高く、結果的に、日本飼料成分表で示されているAMEn値は現在国内で流通している一般的なDDGSよりかなり高目に見積もられているものと思われる。

低脂肪DDGSの栄養成分と鶏におけるAMEn値

システイレージからトウモロコシ油を抽出したのちに製造された低脂肪DDGSでは、粗脂肪含量が低下し、その分、粗たん白質や粗繊維、粗灰分の含量が増加している。低脂肪DDGSの成分値について報告した文献はそれほど多くないが、2010~2011年に発表された5文献中で示されている低脂肪DDGSの粗たん白質および粗脂肪含量の平均値は34.6%および3.6%(いずれも乾物換算値)であり、これまでのDDGSに比べて粗たん白質含量が5.7%増加し、粗脂肪含量は8.3%減少している。

低脂肪DDGSの鶏におけるAMEn値の実測値に関する報告は、現在までのところ1報(Rochellら, 2011)しかないが、この報告では、粗脂肪含量が3.2%の低脂肪DDGSのAMEn値は2147kcal/kgであって、トウモロコシ油を抽出したことで生じた総エネルギー(GE)含量の低下以上にAMEn値の低下が大きく(すなわち、低脂肪DDGSのエネルギー代謝率は42.3%と、一般的なDDGSに比べてかなり低い)、この原因として、低脂肪DDGSでは粗脂肪含量が低下するだけではなく、NDF(中性デタージェント繊維)含量が著しく増加し、粗灰分含量もわずかに増加するためとしている。低脂肪DDGSの一般成分を報告している他の4報ではAMEn値の測定を行われていないが、Rochellら(2011)が示した回帰式を用いて推定したAMEn値は2181~2502kcal/kgとなり、低脂肪DDGSのAMEn値は一般的なDDGSに比べて明らかに低くなる。なお、トウモロコシ油の抽出工程を設置することによるDDGS中の粗脂肪含量の低下割合は工場毎に異なり、粗脂肪含量の工場間による差がこれまで以上に大きくなる可能性が指摘されている(アメリカ穀物協会, 2013)。また、2013年4月現在では前述の文献のような粗脂肪含量が3%台のものは少なく、7~8%程度のものが多いようである。

現在、鶏用飼料原料としてのDDGSの利用は産卵鶏向けが多いものと思われるが、ブロイラー用向けも増加する傾向にあり、今後、わが国でも流通量が増加すると思われる低脂肪

DDGSを鶏用飼料原料として利用する際には、低脂肪化によるAMEn値の低下、粗たん白質、非フィチンリン、フィチンリン、カロチノイドの増加などを考慮する必要がある。

表3 低脂肪DDGSの成分分析値(乾物、%)

出典	分析点数	乾物	粗たん白質	粗脂肪
Mijounら(2010a)	1	86.0	34.5	3.5
Mijounら(2010b)	1	87.5	34.0	3.5
Mijounら(2010c)	1	87.7	34.0	3.5
Jacelaら(2011)	1	87.7	35.6	4.6
Rochellら(2011)	1	87.4	34.7	3.2

表4 低脂肪DDGSのAMEn値と代謝率

出典	分析点数	総エネルギー(GE) (乾物、kcal/kg)	AMEn (乾物、kcal/kg)	代謝率(%)
Mijounら(2010a)	1	—	2181*	—
Mijounら(2010b)	1	—	2233*	—
Mijounら(2010c)	1	—	2240*	—
Jacelaら(2011)	1	5098	2502*	49.1
Rochellら(2011)	1	5076	2147	42.3

注)* Rochellら(2011)が示した回帰式による推定値

引用文献

- Adeola, O. and K.E. Ileleji. 2009. Comparison of two diet types in the determination of metabolizable energy content of corn distillers dried grains with solubles for broiler chickens by the regression method. *Poultry Sci.* 88: 579-585.
- Adeola, O. and H. Zhai. 2012. Metabolizable energy value of dried corn distillers grains and corn distillers grains with solubles for 6-week-old broiler chickens. *Poultry Sci.* 91: 712-718.
- Anderson, P.V., B.J. Kerr, T.E. Weber, C.Z. Ziemer and G.C. Shurson. 2012. Determination and prediction of energy from chemical analysis of corn co-products fed to finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 90: 1242-1254.
- Jacela, J.Y., J.M. DeRouchey, S.S. Dritz, M.D. Tokach, R.D. Goodband, J.L. Nelssen, R.C. Sulabo, R.C. Thaler, L. Brandts, D.E. Little and K.L. Prusa. 2011. Amino acid digestibility and energy content of deoiled (solvent-extracted) corn distillers dried grains with soluble for swine and effects on growth performance and carcass characteristics. *J. Anim. Sci.* 89:1817-1829.
- Mendoza, O.F., M. Ellis, A.M. Gaines, M. Kocher, T. Sauber and D. Jones. 2010. Development of equations to predict the metabolizable energy content of distillers dried grains with soluble (DDGS) samples from a wide variety of sources. *J. Anim. Sci.* 88 (E-Suppl. 3):54.
- Mjoun, K., K.F. Kalscheur, A.R. Hippen, D.J. Schingoethe and D.E. Little. 2010a. Lactation performance and amino acid utilization of cows fed increasing amounts of reduced-fat dried distillers grains

- with solubles. J. Dairy Sci: 93:288-303.
- Mjoun, K., K.F. Kalscheur, A.R. Hippen and D.J. Schingoethe. 2010b. Performance and amino acid utilization of early lactation dairy cows fed regular or reduced-fat dried distillers grains with solubles. J. Dairy Sci: 93: 3176-3191.
- Mjoun, K., K.F. Kalscheur, A.R. Hippen and D.J. Schingoethe. 2010c. Ruminant degradability and intestinal digestibility of protein and amino acids in soybean and corn distillers grains products. J. Dairy Sci. 93: 4144-4154.
- Pedersen, C., M.G. Boersma and H.H. Stein. 2007. Digestibility of energy and phosphorus in ten samples of distillers dried grains with soluble fed to growing pigs. J. Anim. Sci. 85:1168-1176.
- Rochell, S.J., Kerr, B.J. and Dozier, W.A. 2011. Energy determination of corn co-products fed to broiler chicks from 15 to 24 days of age, and use of composition analysis to predict nitrogen-corrected apparent metabolizable energy. Poultry Science 90 :1999-2007
- Stein, H.H., S.P. Connot, and C. Pedersen. 2009. Energy and nutrient digestibility in four sources of distillers dried grains with soluble produced from corn grown within a narrow geographical area and fed to growing pigs. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 22:1016-1025.
- アメリカ穀物協会. 2013. DDGSユーザーハンドブック (第3版). <http://www.grainsjp.org/2012/11/ddgs-10.html>
- 佐伯真魚. 2010. 発生工場の異なるDDGSの豚および鶏についてのエネルギー価変動に関する研究. 新たな飼料資源 (とうもろこしDDGS) の成分分析等の結果について. 社団法人 中央畜産会.
- 農業・食品産業技術総合研究機構. 2010. 日本標準飼料成分表 (2009年版). 中央畜産会.
- 米持千里. DDGSの一般成分及び有害物質等の分析調査 (平成19年度～21年度). 新たな飼料資源 (とうもろこしDDGS) の成分分析等の結果について. 社団法人 中央畜産会

FOOD2040 東アジアの食と農の未来に関する報告書概要

Food 2040は、アメリカ穀物協会が在京米国大使館農務部とともに企画した「東アジアにおける2040年に向けた食品、農業、消費生活の未来像」に関する調査研究で、2012年4月にその結果が公表されました。21世紀の食と農業には、急速に起こる地政学的、消費者、技術、環境、経済、法律、貿易、規制に関するさまざまな変化が複雑に絡み合い、世界規模で既存の枠を超越したシステムが、これまでにないユニークな相互関係をもたらす、既成概念の枠を超えた結果を生んでいくと思われまふ。Food 2040では、これらのダイナミックな変化が、具体的にどのように起こるのかを、日本の食品・農業の将来を中心に例示しています。将来の食料供給や人口増加の問題も視野に入れつつ、全体的には、明るい未来の可能性を列挙し、それらの可能性に対して、日本の農業・食品業界がどのように対応し、そのメリットを享受できるのか、また、アメリカ穀物協会をはじめとする、米国の農業界の役割について考察しています。以下に、その概要をまとめました。なお、報告書は、アメリカ穀物協会ウェブサイトのトピックスページにある2012年4月18日付のリンクより入手可能です。

Food 2040はこれまでにない調査である。Food 2040は、成長するアジア中間層のより洗練された食糧需要の変化に対応できる先進的なシステムの構築に向けた食品、農業、流通各産業のリーダーに経済的機会の姿を示す。東アジアの食品と農業を再形成する原動力に焦点を当てたFood 2040は、潜在的問題を認識しつつも、独創的問題解決力、技術、順応性がどのようにこの地域とその住民やそこに展開する企業に建設的な結果をもたらすかについて、明らかにしようとしている。この報告は、2040年までの東アジアの農業食品業界への、楽観的かつ期待を込めた機会探求のひとつとなることをその核心としている。

裕福で健康に関心の高い日本の消費者を目標として、東アジアの増加する中間層は2020年までに6億世帯に達すると予想される、これらの消費者は高水準の個人化、品質、健康増進、利便性、トレーサビリティを食品に期待するようになる。この新しい中間層は、世界の食糧需要の大規模な変化を引き起こす要因である。この急速に台頭するアジア中間層の変化する嗜好は、食品製造、包装、輸送、および世界の食品・

農産物生産と貿易を刷新するであろう。

アジアの裕福な消費者に、健康、品質、妥当な価格、選択肢を、裕福なアジアの消費者に提供するために、先進的な生産技術を用い、分別生産、流通とデータに基づく流通システムを導入する企業は、市場でその努力が報いられるであろう。

Food 2040は、東アジアの農業、食品および消費者に対して、どのような未来が開かれているのかを示す主要な6つの洞察を提供している。これらの洞察は予測ではない。将来の可能性はひとつのみではない。しかし、食品と農業に関する新たな機会を提示するために、根拠のある未来を描いたものである。

1. 東アジアは生命科学分野のリーダーになる

主要な民間企業と政府による投資と、増大する食糧需要を原動力に、東アジア地域は生物科学分野の世界的リーダーへの道を邁進している。数十年にわたって証明された安全性と、地域がその量的質的制限を軽減するために必要としている食糧安全保障とより持続性の高い農業を追い求めた結果、バイオテクノロジーに対する消費者の疑念も払拭されるであろう。

う。東アジアの農業と生命科学に対するニーズに応える大きな好機が存在する。農業生産性、栄養、気候順応、消費者メリット、そして安全性を向上させる技術の必要性が高まるであろう。

2. 中国の消費者は世界の推進力になる

2040年には、世界の食品と農作物市場が中国の嗜好、ニーズと発展に大きく影響されるようになるであろう。中国は消費大国であるだけでなく、食品産業の研究開発先進国になる。中国がその食糧・農業システムを発展させ、所得増大により食糧消費量が加速するにつれて、世界市場における同国の影響力も拡大する。健康志向に即した機能性食品から、国民への食糧供給ツールとしてのバイオテクノロジーの急速な導入に至るまで、栄養についての中国の新しい姿勢は食糧を栽培、加工、販売、出荷、消費する方法を変えていく。

これらのトレンドは日本と米国双方にとって非常に深い意味を持ち、世界の農業ビジネス、バイオテクノロジー、食品加工、流通と貿易を形成、再定義していくであろう。

3. 信用の獲得：品質の保証としてのブランド確立

より安全、健康的、かつ、より個々のニーズに合わせ特化した食品に対する消費者の期待に応えるためには、食品安全の規制・検査システムの強化、インフラストラクチャーの拡張と近代化、トレーサビリティの向上、および分別流通が必要になる。これらの期待に応える食品は、相応の高価格で販売されるであろう。さらに、2040年には、大部分の東アジア地域が持つようになる最先端の食品の安全性と安全保障のシステムが、透明性と信頼性の高いフードチェーンを提供することになるであろう。

豊富なデータを駆使した、テクノロジー主導型の、透明でルールに基づく取引システムを構築し、これを守るために協力することによって、食品、農業、流通分野のリーダーは、取引パートナー間の信頼関係を築くと同時にグローバルな食糧システムに対する消費者の信用を獲得することができる。日本はこの過程を担うひとつの鍵となるであろう。信用のシステムが成熟するにつれて、消費者は安全面の懸念を卒業し、他の価値や嗜好に基づいて食品を選択することができるようになる。中国は信用のシステムに幅広く参加することにより、世界の食糧・農業のネットワークに迎え入れられる。

4. アジアの食生活：伝統と科学の融合

アジアには食品を利用して特定の健康効果を得るという文化的伝統があるため、おそらく2040年までの間に、その伝統を踏まえて、欧米の農業・食品科学がますます利用されるよ

うになる。アジアの人々が高齢化し一層豊かになるにつれて、栄養食品や機能食品が消費者の食品選好の上でより大きな役割を果たすようになる可能性がある。アジアの高齢化した豊かな消費者は、高血圧、コレステロール、糖尿病といった飽食病を予防するため、そうした高価な食品を求め、また進んでその対価を支払うようになるかもしれない。

5. サービスとしての食品：キッチンのないアジア

2040年までに、日本の消費者は食品支出の70%を家庭外で調理された食品に向けるようになる可能性がある。こうした趨勢は、人口の高齢化に可処分所得の増加、子供の減少、小世帯化が加わって一層強まる。家庭外で調理された食品を速やかに受け入れる日本の傾向が、おそらく中国でも見られることになる。その結果、利便性、品質、多様性を求めるますます豊かな消費者のために食品の生産、加工、配送、マーケティング、ブランド設定を行う新しい機会が生まれる。

6. 製品の差別化、ニッチ市場

Food 2040は、市場の専門化と製品の差別化がアジアで拡大すると予想している。健康志向、高蛋白、目新しさ、安全性、トレーサビリティ、価格、利便性、およびライフスタイルを包含する消費者の要求を満たす新しい機会が生まれる。食品についての検証可能な情報、例えば原産地、加工方法、販売経路、現時点での「新鮮さ」が製品の価値を大きく左右するようになるかもしれない。

調査方法

Food 2040は、Informa Economics Inc.とForesight Alliance LLCがアメリカ穀物協会の依頼に基づき作成した。調査は一次、二次調査と、業界、政府、学会の各専門家との広範囲なインタビューに基づいている。

初期調査で抽出した重要な問題について専門家の共通見解を収集するデルファイ調査を実施した。それに続いて一連の予備的仮説を作成し、米国、英国の専門家に対するオンラインでのパネル調査と、日本、台湾、中国、韓国、南アフリカの専門家に対する掘り下げたインタビューを行った。

ネットワークに関するご意見、
ご感想をお寄せ下さい。



U.S. GRAINS COUNCIL アメリカ穀物協会

〒107-0052 東京都港区赤坂1丁目6番19号
KY溜池ビル4階

Tel: 03-3505-0601 Fax: 03-3505-0670
E-mail: grainsjp@gol.com

本部ホームページ（英語）：<http://www.grains.org>
日本事務所ホームページ（日本語）：<http://grainsjp.org/>