

8章：中国産 DDGS と米国産 DDGS 栄養価と品質の違い

はじめに

最近、中国は米国 DDGS の最大の輸入業者になった。Fabiosa ら(2009)が報告した中国の飼料工場は、米国から輸入されたトウモロコシ DDGS を大豆粕とトウモロコシおよび他のより高価な飼料原料の部分的な代替品として使用することにより、飼料コストの 6%削減を実現している。中国で生産される DDGS の総量に関するデータはないが、5 か所のプラントからの DDGS の公式な総生産量は 2010 年に 169 万 MT であった(Jewison and Gale, 2012)。Jewison and Gale(2012)は、中国農業飼料産業局による 2011 年のデータを使用して畜種毎の飼料量を推定しているが、豚用としての利用が大部分(37%)で、次いで、産卵鶏(29%)、ブロイラー(19%)および水産養殖(9%)であるが、反すう家畜用とその他の使用は、それぞれ 4 および 2%にすぎなかった。

2014 年から 2015 年まで、中国は大豆、ナタネ、DDGS、ソルガム、大麦、魚粉の世界最大の輸入国だった(Gale, 2015)。さらに、中国は世界最大の食用動物生産国であり、飼料の製造業者でもある(Gale, 2015)。中国では人口が増え続け、動物由来食品の消費量も増え続けているため、DDGS などの多くの輸入原料の需要は増え続けると思われる。しかし、Jewison and Gale(2012)は、将来の中国における米国 DDGS の需要は、トウモロコシ、大豆および大豆粕の価格を含むいくつかの要因に依存することを示している。トウモロコシのサポート価格と公式の準備制度に対する最近の改革を含む中国政府の政策、他の代替飼料原料価格と入手の可能性、さらに、拡大する家畜および家禽産業をサポートするための国内および輸入飼料原料に対する中国の需要は大幅に増加する。

米国の DDGS 総生産量の約 66%は、米国内の肉牛(45%)、乳牛(31%)、豚(15%)、家禽(8%)、その他(1%)によって消費されている。将来の米国における DDGS 消費量は、トウモロコシや大豆粕などの競合または代替原料の価格と入手可能性に依存している。これらの代替原料との価格差が DDGS に有利な場合、その多くが、飼料中のトウモロコシと大豆粕の両方あるいはそ

れぞれの代替えとして使用される。過去 12 か月間(2015 年 7 月～2016 年 6 月)の米国における DDGS のスポット価格は、トウモロコシの価格の 86～115%、大豆粕の価格の 37～50%であり、たん白質の単位あたりの価格は大豆粕と比べて DDGS の方が一貫して低い(たん白質の単位あたりの差は約 0.37 ドルから 2.54 ドルの範囲)。DDGS のこのたん白質価格の利点により、米国の飼料市場において、大豆粕と比べて、飼料のたん白質原料の一部としての競争力が高まっている。

エタノール生産を増やすために米国政府の政策が変更されない限り、ここ数年の米国におけるエタノールと DDGS 製造量の伸びは少ないと予想される。米国のエタノール業界で起こっている変化と、今後起こる可能性がある変化のほとんどは、より高価格で、多様な併産物を生産することである。米国のエタノール工場の過半数(85%以上)で粗トウモロコシ油を抽出するための、少額の設備投資が行われている。他の新しいエタノールと併産物の生産を行うために、いくつかのエタノール工場では、これらの他に小規模～中規模の設備投資を行っている。これらの技術により、脂肪含量が低い(6%未満) DDGS、粗トウモロコシ油、セルロース系エタノールを製造するためのトウモロコシ繊維、高たん白 DDG や高繊維 DDGS 等の特殊な併産物も生産されている。

DDGS 製造工程の違い

中国の飲料、燃料エタノールおよび DDGS の製造工程に関する公開情報は非常に限られている。ただし、DDGS のエネルギー価と栄養成分組成と消化率は、使用する穀物の種類と栄養成分組成、様々な飲料と燃料のエタノールおよび副産物の処理方法に依存している(Ingledeew ら, 2009)。

原料の違い

エタノールと DDGS の生産に使用される原料は、米国と中国のエタノール工場で異なるが、中国の DDGS の生産に使用される原料の総量、種類、比率に関するデータはない。Jewison and Gale(2012)は、中国のトウモロコ

シ、小麦、キャッサバを原料として 169 万 MT の DDGS (米国産トウモロコシ DDGS の総生産量の 4.5%)を生産する 5 か所のエタノール工場が存在すると述べている。中国の飲料用アルコール産業は 2000 年代に急速に増加したが、中国でエタノールを生産するために使用される原料は地域によって異なるが、トウモロコシ、米、小麦、ソルガム、ジャガイモ、キャッサバが使用されている (Gale ら、2009)。

多くの場合、飲料アルコール生産では穀物のブレンドが使用されるが、米国での燃料用エタノール生産では、主にトウモロコシを唯一の原料として使用している。いくつかの米国のエタノール工場では、原料としてソルガムまたはトウモロコシとソルガムを混合して使用しているが、これらから生産された DDGS は国内で販売・消費されている。さらに、米国では、飲料用アルコール工場からの DDGS は、総生産量の約 1~2%であり、中国に比べてはるかに少ないと推定される。トウモロコシを原料とした燃料用エタノールと併産物の生産のほとんどは、トウモロコシの大部分が生産される中国北東地域で行われているものと推定される。中国の様々な種類の飲料および燃料エタノール工場から生産された併産物の量に関するデータはないが、トウモロコシからの併産物が最も多いものと思われる。

生産工程と栄養成分含量の違い

米国の燃料用エタノール工場では、中国で使用されているものよりも高度な生産技術を使用してエタノールと DDGS を生産している。米国のエタノール工場のほとんどは 2004 年以降に建設されており、これらの工場に設置されている機器の多くはステンレスでできている。発酵中の微生物汚染を防止するためには、エタノール工場での洗浄と高度な衛生管理が重要となる。これに対して、トウモロコシを原料として使用する中国のエタノール工場では、腐食しやすい炭素鋼が使用されており、発酵中に微生物汚染が頻繁に発生し、不完全な発酵、エタノール収量の低下、DDGS の品質の低下を引き起こす可能性がある。さらに、中国のエタノール工場では、炭素鋼の腐食により、米国の DDGS の鉄濃度 (120~150 ppm) に比べて、鉄含有量が非常に高くなっている (500~1,700 ppm)。これは DDGS の給与量によっては、軽微な

懸念材料となる可能性があり、中国産 DDGS の色調が濃くなる原因となる可能性もある。

米国のエタノール工場の過半数 (90%以上) は、DDGS を製造時に部分的に油を抽出している。主要なエタノール会社の 1 つ (27 か所のエタノール工場を有する) は、4.5~5.0%の粗脂肪 (原物値) を含む DDGS を生産するが、米国のエタノール産業の大半は、粗脂肪含量が最低 7%から 14% (原物値) の DDGS を生産している。これに対して、Li ら (2015) は、中国の飲料用および燃料用エタノール工場から収集した 25 試料のうち、約 44%で粗脂肪含量が 6%未満 (原物値) であったと報告している。別の最近の研究 (Jie ら、2013) では、中国の 11 省のいくつかのエタノール工場から収集した 28 試料のトウモロコシ DDGS、米国から中国に輸入されたトウモロコシ DDGS 2 試料における粗脂肪含量の範囲 (原物値) は 1.43~15.1%であり、これらの試料の 32%は粗脂肪含量が 6%未満であったと報告している。この研究で分析された米国産 DDGS 2 試料の粗脂肪含量は 12.1 および 13.6%であった。Kerr ら (2013) は、米国で生産されたトウモロコシ DDGS 15 試料のエネルギー価と化学組成を評価している。粗脂肪含量は 4.3 から 11.2% (原物値) の範囲であったが、粗脂肪含量が 6%未満のものは 2 試料 (全体の 13%) だけだった。要約すると、中国産 DDGS と米国産 DDGS の大きな違いの 1 つは、中国産 DDGS は米国産 DDGS に比べて粗脂肪含量が低い (6%未満) もの割合が多いことである。

Li ら (2015) により発表された最近の研究では、17 の中国の飲料用 (18 試料) および燃料用 (7 試料) エタノール工場から収集された計 25 試料の DDGS のエネルギー価と化学組成を評価している。飲料用エタノール業界から収集された DDGS サンプルの割合が高いことは、中国産と米国産の DDGS の際立った違いの 1 つであり、中国産のトウモロコシ DDGS の大部分が飲料用エタノール工場で生産されていることを示している。Li ら (2015) は、粗脂肪含量 (乾物値) と使用した処理に基づいて中国産の DDGS を以下の 5 つのカテゴリーに分類している。

1. 脂肪含量が高い DDGS (粗脂肪 9.6~13.9%、13 試料)
2. トウモロコシ皮を添加したもの (粗脂肪 8.7 および 9.9%、2 試料)
3. 部分的に油を減らした DDGS (粗脂肪 6.6%、1 試料)

4. 胚芽の一部が除去された低脂肪 DDGS(粗脂肪 5.1%、1 試料)

5. 一般的な低脂肪 DDGS(粗脂肪 2.82~4.9%、8 試料)

この分類は、中国のエタノール工場で使用される製造工程には、米国における燃料用エタノール工場で使用されるものよりもはるかに多くのバリエーションがあり、部分的な油抽出という共通の特徴があることを示唆している。ただし、Li ら(2015)が収集した試料をみると、油抽出を行っているエタノール工場の割合がかなり多いことを示している。中国産 DDGS の粗脂肪含量(粗脂肪 5%未満、乾物値)は、米国産 DDGS に比べてはるかに低いことがうかがわれる。

Xue et ら(2012)は、山東省、吉林省、河北省で生産されたトウモロコシ DDGS 3 試料および玄米から生産された DDGS 1 試料と、米国産トウモロコシ DDGS 2 試料(従来型および高たん白質)を比較し、玄米 DDGS は、すべての試料中で粗脂肪および総エネルギー含量が最も低く、粗繊維の含有量が最も高かったとしている。中国産トウモロコシ DDGS では、従来の米国産トウモロコシ DDGS に比べて ADF(酸性デタージェント繊維)含量が高く、リジン含量が低かった。また、中国産トウモロコシ DDGS のリジンと CP(粗たん白質)比は 1.93%であって、米国産トウモロコシ DDGS(2.87%)より低かった。このことは、中国産 DDGS のリジン消化率が米国産よりも低いことを示唆している。この研究で評価された中国産 DDGS では、米国産 DDGS に比べて繊維含量が高く、総エネルギーおよびリジン含量が低いことは、中国における豚および家禽における配合量が低い主な原因となる。ただし、Xue ら(2012)によって評価された試料数は限られているものの、米国産の従来品のトウモロコシ DDGS の ME(代謝エネルギー、3,525 kcal/kg)は、中国産のトウモロコシ DDGS 3 試料(3,306 kcal/kg)より 219 kcal/kg 高いものの、両者の間には有意差がなかったとしている。さらに、中国産トウモロコシ DDGS のリジンの平均 SID(標準化回腸消化率)は 52%であり、米国産 DDGS(従来品; 57%、高たん白質; 60%)より低かった。

[生産工程と DDGS の色調の違い]

DDGS の色調は、輸出市場の一部のバイヤーにとって品質を判断する非常に重要な要素になっており、DDGS 供給源毎に品質と価値を識別するために使用さ

れている。DDGS の色調は、いくつかの栄養成分および物理的特性と相関している。場合によっては、色調が明るい DDGS は、リジン消化率が高く、キサントフィル含有量および最小限の脂質酸化を推測する可能性がある。一方、色調が暗い DDGS は、明るい色調のものに比べて他の栄養素の濃度が高くなる可能性がある。たとえば、DDGS を製造する際に、ジステラーズ・グレインへのジステラーズ・ソリュブルの添加量を高めると、エネルギー、粗脂肪およびミネラル含量が高くなり、ジステラーズ・ソリュブルの量が少ない明るい色調のものに比べて、CP とアミノ酸の含量ならびに消化率への影響が最小限になる。さらに、濃い色調のものでは、家禽におけるリンの相対的な生物学的利用率が高いともいわれている。DDGS の粒子サイズ、水分含量、その他の物理的特性も色調と相関関係があるが、これらの関連は、飼料製造と栄養学的観点からの評価はより困難である。

数年前、一部の DDGS の売り手と買い手は、色調評価カード(図 1)を使用した主観的な評価システムを開発し、色調で DDGS を区別した。

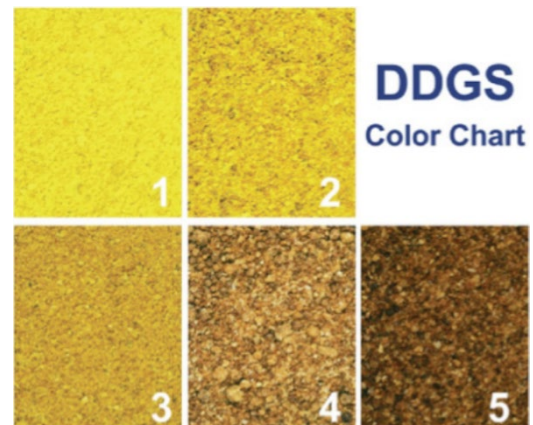


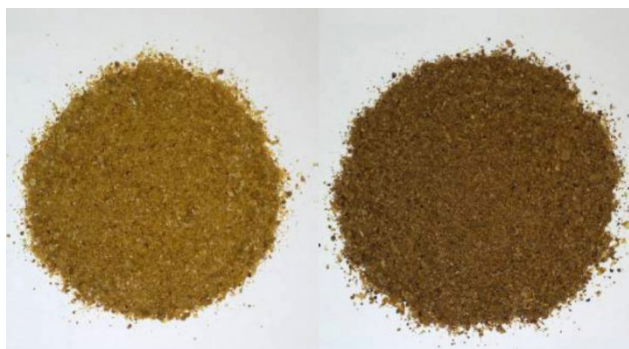
図 1. DDGS 色調評価カードの例

この DDGS 色調評価カードは現在も市場で使用されているが、実際の DDGS の色調評価の解釈が異なること、主観的すぎて売り手と買い手との議論が頻繁に行われるため、多くのマーケティング担当者が使用を中止している。その結果、米国の供給者と海外(特にアジア諸国)の買い手の間で現在行われている多くの契約には、色の量的測定(L* 明度または暗さなど)の最小保証が含まれている。DDGS の色調の明暗を区別するために現在使用されている最小保証は、ハンター値 L* 50 以上で

ある。ただし、米国産 DDGS は、色調に関わらず様々な国に輸出され続けているが、一部の市場では明るい色調の DDGS の保証が必要となっている(L* 50 以上)、販売する DDGS の L*が 50 以上であることを保証できるマーケティング担当者には、かなりの価格プレミアムがある。

米国と中国のエタノール工場の間で使用している生産および乾燥工程が異なっていることも、色調の違いに影響している(図2)。米国産 DDGS は通常、明るい黄金色であり、中国の買い手は、色調がたん白質とアミノ酸の消化率と主観的な指標と考えていることから、この色調を好んでいる、実際、中国の買い手にとって色調は非常に重要であり、多くの場合、契約において L*の最少保障(50 以上)が要求されている。中国産 DDGS は色調が濃くなる傾向があるため、栄養価が低くなる。

図 2.米国産(左)と中国産(右)の色調比較



Jie ら(2013)は、中国国内 11 省のエタノール工場からトウモロコシ DDGS 28 試料を入手し、米国産トウモロコシ DDGS 2 試料について、HunterLab 比色計を用いて色調の明度(L*)、赤色味(a*)および黄色味(b*)を測定している。L*(カラスコア:0~100)は低いほど暗色を示し、L*および b*は、a*より栄養価の一般的な指標として使用されているリジン含量およびアミノ酸消化率との相関が高い。中国産 DDGS 28 試料の L*は 30.9~59.5、a*は 14.6~27.7、b*は 35.3~59.8 の範囲であった。この調査で用いた米国産 DDGS は 2 試料のみであったが、L*は 54.6 および 57.3、a*は 18.4 および 19.7、b*は 53.3 および 55.3 であった。中国産 DDGS 28 試料のうち、L*が 50 を超えていたのは 5 試料のみであったのに対して、米国産 DDGS の L*はいずれも 50 以上であり、色調が明るかった。さらに、米国産 DDGS の b*値は 53.3 および 55.3 で

あり、b*値が 50 を超える中国産 DDGS は 5 試料のみであった。Uriolaet ら(2013)は、米国産トウモロコシ DDGS 34 試料の平均 L*は 52.7 であり、L*値が 62.5 に達するものもあることを報告している。このことは、中国産 DDGS の大部分と米国産 DDGS におけるもう 1 つの際立った差異は、米国産 DDGS は一般的に色調が明るく、たん白質を構成するアミノ酸が消化しやすいということである。

DDGS の栄養成分、品質の安定性、マイコトキシン、飼料価値

栄養成分組成と品質の安定性

一般的に、米国産 DDGS の総エネルギーおよび栄養素含量は中国産より安定している。これは、米国の農場において、その農場と契約して飼料の設計を行う栄養士は配合設計の際に控えめな数値を使用する傾向にあることから、より高価な原料と DDGS を大幅に置換して、全体的な飼料コストを削減し、エネルギーと栄養成分過給のリスク軽減を図っているためである。

栄養成分組成の違いを客観的に比較するために、最近発表された中国産の DDGS に関する 3 つの報告に記載されているデータを取りまとめて表 1 に示した。さらに、米国産トウモロコシ DDGS の栄養成分組成は、9 つの公開されたレポートおよび Kerr ら(2013)のデータを用いて表 1 に示した。なお、すべてのデータは乾物値で表示している。

粗脂肪、繊維およびたん白質の含量は、全体的な ME 価に寄与しており、CP 含量は、不正確ではあるがアミノ酸消化率の指標となる。エネルギー、アミノ酸およびリンは、飼料中で最も高価な栄養成分である。DDGS およびその他の飼料原料は、水分、CP、粗脂肪、粗繊維含量により価格設定がなされて取引され、豚および家禽用飼料は、ME、消化可能なアミノ酸(特にリジン)および可消化リンの推定値を用いて設計される。中国で用いられている DDGS の大部分は、豚および家禽用飼料に使用されている。したがって、ME、可消化アミノ酸(特にリジン)および可消化リン含量を製品間で比較し、実用的な価値がどのように違うかを判断する必要がある。中国産 DDGS の平均水分含量は、米国産 DDGS よりも低い傾向があり、原産地間での平均 CP、粗脂肪および灰分含量

の差異はそれほど大きくない(表 1)。

ただし、中国産 DDGS ソースにおける粗脂肪含量の範囲(変動)は、米国産 DDGS より大きい。さらに、米国産 DDGS の NDF 含量は、中国産 DDGS より低く、変動が少ない。中国産 DDGS の繊維含有量は、米国産 DDGS に比べて変動が大きく、粗脂肪含量の変動が小さいことから、中国産 DDGS の豚および家禽に対する ME 価は、米国産 DDGS より低く、変動しやすいことが示唆されている。これは、米国産トウモロコシ DDGS の豚における ME 価(Kerr ら、2013)と中国産 DDGS の豚における ME 価(Xue ら、2012; Li ら、2015)を比較することで実証できる。Kerr ら(2013)は、米国産 DDGS 15 試料の範囲(3,266 - 3,696 kcal/kg)は、Xue ら(2012)の報告(3,047 - 3,549 kcal/kg)および Li ら(2015)の報告(2,955-3,899 kcal/kg)より狭い。

中国産 DDGS のでん粉含量は、米国産 DDGS よりも大幅に高く(表 1)、エタノール発酵が不完全であることを示している。でん粉は、DDGS の乾燥工程中にリジンと化学結合を起こして、リジンの消化性が低下する。実際、中国産トウモロコシ DDGS のリジンの SID は 52%(Xue ら、2012)であり、米国産の従来型および高たん白質 DDGS(57 および 60%)より低い。この相違は、米国産トウモロコシ DDGS のリジンの平均 SID が 63%であることを示す 9 つの公表文献値の要約によっても確認できる。

中国産 DDGS のリン含量も、米国産(Kerr ら、2013)に比べてはるかに低く、変動が大きい(Xue ら、2012; Li ら、2015)。これらの結果は、中国のエタノール工場の多くは、DDGS を製造する前に粗粒されたトウモロコシに添加する濃縮ジスチラーゼ・ソリュブル(リン含有量が高い)の量が少ないことを意味している。豚および家禽用飼料において、リン含量の違いは、米国産 DDGS が中国産 DDGS に比べて有意性があることを示している。

リジンは、豚および家禽用飼料における第 1 制限アミノ酸であり、すべてのアミノ酸の中で、トウモロコシ・大豆粕主体の飼料で欠乏する可能性が最も高い。したがって、リジン含量とその消化率は、様々な DDGS の栄養価の重要な指標となるが、中国産と米国産 DDGS の間でリジン含量と消化率は大きく変動している。中国産と米国産 DDGS の間におけるリジン消化率を比較するために利用できるデータは限られているが、米国産 DDGS のほうがリジン消化率が優れているものと思われる(Xue ら、

2012)。

[マイコトキシン含有量の違い]

飼料原料中のマイコトキシンは、中国の飼料産業および畜産業界において継続的な懸念事項であり、主要な問題である。中国の穀物農家は、穀物乾燥設備や適切な穀物貯蔵庫にアクセスできることが非常に少ないため、汚染された飼料原料が供与された場合に家畜の健康および生産性に重大な悪影響を及ぼす可能性があるマイコトキシン含量が高くなる可能性が高い。米国および世界の他の地域で生産されているトウモロコシやその他の穀物でも、成長期や収穫時の気候、保管条件によってはマイコトキシンが含まれている可能性はあるが、汚染の割合や含量は、中国で生産されている穀物や DDGS よりもはるかに低い。

DDGS の配合率の主な制限要因の 1 つは、マイコトキシン含量があげられる。マイコトキシンは発育成績の低下と健康への悪影響を引き起こすため、飼料設計の際には、マイコトキシンの総含量を最小限に抑えるよう努めている。米国産 DDGS におけるマイコトキシン汚染と含量は、中国産 DDGS よりもはるかに低い。Biomim (2014)は、世界 50 か国以上から 4,218 の飼料原料を収集し、マイコトキシン含量を分析している。北米、南米、中東、アフリカの試料に比べて、アジアから収集された飼料原料では、ほとんどのマイコトキシンが最も高い含量を示しており、全試料の 65%で複数のマイコトキシンが含まれていた。Li ら(2014)は、中国の北京地域で生産された飼料原料 55 試料(DDGS 17 試料を含む)と豚用配合飼料 76 試料の評価を行っている。その結果、DDGS がすべての成分の中で最も深刻にマイコトキシンに汚染されており、サンプルの 6%がアフラトキシン B₁ (50 ppb)、88%がデオキシニバレノール(1,000 ppb)、41%がゼアラレノンの中国の規制値を超えていた。別の研究(Guan ら、2011)では、中国のさまざまな地域から配合飼料および飼料原料(中国産 DDGS 5 試料を含む) 83 試料が収集している。その結果、全試料のすべてでマイコトキシンが検出され、配合飼料 6 試料のマイコキシンの濃度は、すべての原料の平均値より高かった。

近年、米国産 DDGS のマイコトキシン汚染に関する 2 つの広範な調査結果が発表されている(Zhang ら、2009;

Khatibi ら、2014)。Zhang ら(2009)は、2006 年から 2008 年の間に米国のエタノール工場 20 か所および輸出コンテナ 23 か所から、計 235 試料の DDGS をを収集しており、以下の結果を得ている

1. DDGS には、FDA ガイドラインを超える濃度のアフラトキシンまたはデオキシニバレノールは含まれていなかった。
2. いずれの DDGS にも、乳牛、肉牛、豚、家禽および養殖魚用飼料に使用するための FDA ガイドラインを超える濃度のフモニシンは含まれておらず、馬およびウサギ(フモニシンに最も敏感な種)用飼料で使用するための最大レベルを超える濃度のフモニシンを含んでいたのは、全試料の 10%だけだった。
3. 検出限界を超える T-2 トキシンを含む試料はなく、ゼアラレノン、ほとんどの試料で検出限界以下であった。
4. DDGS の輸出コンテナにおけるマイコトキシンの増加はなかった。

Khatibi らが実施した別の DDGS マイコトキシン調査(2014)では、米国の 12 州にあるエタノール工場 78 か所からトウモロコシ DDGS 141 試料を収集し、DON(デオキシニバレノール)、15-ADON(15-アセチルデオキシニバレノール)、3-ADON(3-アセチルデオキシニバレノール)、NIV(ニバレノール)および ZON(ゼアラレノン)濃度を調査している。

アメリカのトウモロコシでは、2011 年に異常に高いフザリウム属のカビの発生があったが、トウモロコシの成長期に悪天候が続く年にまれに発生する可能性がある。DDGS については、15-ADON、3-ADON および NIV を評価した報告はこれ以外にない。全試料の 69%では DON は検出限界以下であり、DON が検出された試料中含量は 1~5 ppb であり、全試料の 5%のみが FDA による豚の勧告レベルを超えていた。15-ADON は全試料の 85%で検出限界以下であり、3-ADON または NIV は全試料で検出限界以下であった。また、ZON が検出されたのは全試料中で 19%のみであった。

これらの研究結果は、米国産 DDGS におけるマイコトキシンのリスクと含量は中国産 DDGS に比べてはるかに低いことを示している(Guan ら、2011; Li ら、2014)。こ

の結果、米国産 DDGS は、中国産 DDGS よりも高い配合率での使用が可能であり、全飼料中のマイコトキシン含量が推奨レベルを超えるリスクを最小限に抑えることが出来ることを示している。

飼料価値の違いと飼料における DDGS の使用

中国で使用されている DDGS の大部分は、豚および家禽用として消費されている。米国産 DDGS は、特に豚、家禽、乳牛に対して中国産 DDGS に比べていくつかの利点がある。中国産 DDGS はマイコトキシン汚染率と含量は米国産 DDGS よりも高いため、米国産 DDGS を用いることで、家畜・家禽の成績と健康および牛乳中のマイコトキシン汚染のリスクを大幅に低減することが出来る。さらに、米国産 DDGS は一般にエネルギーと栄養成分の変動が少なく(トウモロコシが使用される主な原料であり、生産工程は一般的に各エタノール工場間で類似している)、リジンの消化率とリンの含有量が高いため、飼料を配合する際に中国産 DDGS よりも価値がある。

Jewison and Gale(2012)は、様々な畜種用飼料における配合割合の推定値を取りまとめており(表 2)、中国における畜種別の DDGS 総消費量は乳牛では 10%、豚では 20%、家禽では 60%、水産養殖動物では 10%と推定している。

中国産 DDGS の潜在的な飼料安全リスク

近年中国製品で発生した粉ミルクやその他の食品におけるメラミン汚染スキャンダルにより、中国製の飼料や食品安全に関して世界的な懸念と懐疑論が広がっている。Gale and Buzby(2009)は、中国政府による食品安全基準の施行が不十分なこと、農薬の大量使用および広範な環境汚染のために、中国の食品における安全リスク管理が難しいことを示している。その結果、DDGS と他の飼料原料の原産国を識別する技術が開発されている(Tena ら、2015)。NIR を利用すると、中国産 DDGS と欧州および米国産のプールされた DDGS とを区別できる優れた結果が得られている(Tena ら、2015)。これは、欧州と米国で生産された DDGS と中国産 DDGS との間には組成と品質に明確な違いがあることを示唆している。

表 1. 中国産および米国産トウモロコシ DDGS の栄養成分組成の比較(乾物値)

分析項目	Jieら(2013) 中国産トウモ ロコシDDGS	Xueら(2012) 中国産トウモロ コシDDGS	Lieら(2015) 中国産トウモ ロコシDDGS	米国産トウモロコシ DDGSの要約 ¹	Kerrら(2013) 米国産トウモ ロコシDDGS
水分 %	6.49 - 12.1 (8.5)	10.7 - 10.9 (10.9)	9.6 - 13.5 (11.4)	6.6 - 14.7 (11.2)	10.0 - 15.2 (12.4)
CP %	25.4 - 32.3 (29.6)	26.4 - 32.0 (28.8)	28.5 - 36.8 (32.2)	27.2 - 40.8 (30.8)	27.7 - 32.7 (30.5)
粗脂肪 %	1.5 - 16.2 (9.3)	9.2 - 12.6 (10.5)	2.8 - 13.6 (8.6)	4.6 - 14.1 (10.6)	4.9 - 13.2 (9.7)
NDF %	45.0 - 65.8 (54.3)	43.4 - 49.5 (46.4)	31.0 - 46.6 (37.1)	30.2 - 49.6 (38.6)	28.8 - 44.0 (35.4)
灰分 %	2.1 - 8.4 (5.5)	ND ²	2.9 - 9.1 (5.4)	1.78 - 6.6 (4.4)	4.3 - 6.1 (5.1)
でん粉 %	ND	ND	5.3 - 16.3 (11.6)	ND	0.84 - 3.89 (2.2)
リン %	ND	0.25 - 0.55 (0.39)	0.33 - 1.01 (0.75)	ND	0.71 - 0.91 (0.84)
リジン %	ND	0.46 - 0.67 (0.56)	0.74 - 1.08 (0.91)	0.55 - 1.36 (0.94)	ND
SID ³ リジン %	ND	0.19 - 0.29 (0.25)	ND	0.22 - 0.92 (0.59)	ND

¹ Fastinger and Mahan (2006); Steinら (2006); Pahmら (2008); Steinら (2009); Urriolaら (2009); Jacelaら (2010); Almeidaら (2011); Kimら (2012); Soaresら (2012) から得たデータ

² ND = データなし

³ SID = 標準化された回腸可消化物

表 2. 中国と米国における乳牛、肉牛、豚および家禽用飼料における DDGS 配合率 (Jewison and Gale, 2012)

畜種	中国	米国
乳牛	20 to 30 percent	10 to 20 percent
肉牛	No Data Available	10 to 40 percent
豚	10 to 12 percent	10 to 50 percent
家禽	5 to 10 percent	5 to 10 percent

米国産 DDGS の世界市場における需要

米国産 DDGS の輸出量は 2007 年以降増加している。エタノールおよび DDGS の生産量も増加しており、31 以上の国に DDGS が輸出されている。米国産 DDGS の主要な輸出先はメキシコ、アジア諸国、カナダ、トルコとなっている。この世界的な需要の伸びは、米国産 DDGS が 5 大陸の多くの国において、他の代替飼料原料に比べて品質と優れた栄養価が魅力的で价格的に競争力がある飼料原料であることを示している。

DDGS は高エネルギーで適度な蛋白質飼料原料であるため、大豆粕の価格よりもトウモロコシの価格に近い傾向にある。米国産 DDGS の価格は世界市場に基づいており、CP と粗脂肪含量の最低保証はない。歴史的に、米国産 DDGS の価格は、たん白質と脂肪含量の合計「プロファット」の最低保証に基づいて設定されていた。しかし、DDGS 製造時に粗トウモロコシ油を部分的に抽出すると、たん白質含量は粗脂肪含量の減少量と同程度には増加しないため、「プロファット」は成立

しにくくなる。したがって、多くの買い手と売り手は、CP と粗脂肪に関して、個別の最低保証値に基づいた価格設定を行っている。

中国の関税および税制は、他の飼料原料に比べて DDGS の輸入量に影響を与える重要な要素となっている (Jewison and Gale, 2012)。2012 年時点で、DDGS は輸入割当の対象ではないため、VAT (付加価値税) が免除されており、比較的低い関税 (5%) が課されていた。これに対して、トウモロコシの輸入は関税割当制度によって規制されており、1%の関税と 13%の VAT が課せられている。

中国の飼料原料の買い手は原料価格に非常に敏感である。近年、中国が購入した大量の米国産 DDGS は、中国のトウモロコシと比較して価格が安価であったことが原因である可能性があるが、中国産 DDGS と比べて米国産 DDGS の品質とその安定性、栄養価がより大きなウエイトを占めているように思われる。例えば、Jewison and Gale (2012) は、2011 年 6 月から 12 月における中国

が輸入した米国産 DDGS の平均価格は、国内の中国産トウモロコシより 19%、大豆粕より 35%低いことを示している。ただし、この期間中、中国国内における中国産 DDGS (中国北東部) の価格は、輸入された米国産 DDGS の価格より 13%安かった。このことは、中国の DDGS の買い手は、中国産 DDGS と比べて品質とその安定性が高いため、輸入された米国産 DDGS に対してプレミアム価格を支払う用意があることを示している (Jewison and Gale、2012)。中国の買い手は、中国産 DDGS より色調が明るく黄金色の米国産 DDGS を好んでいる。これは、飼料価値が高く、顧客の受入れに関する問題が少ないためと考えられる。

飼料製造に用いる原材料の需要が高いため、中国で生産された DDGS が輸出されたとしてもごくわずかである。トウモロコシの生産と供給は中国北東部で最も盛んであり、中国国内の DDGS の大部分がこの地域で生産されている (Jewison and Gale、2012)。ただし、豚および家禽生産と飼料製造は、中国の南部地域で盛んであるため、これらの原料を消費する地域に輸送するために高いコストが発生している。その結果、中国南部 (広東省など) のトウモロコシ価格は、中国東部のトウモロコシ価格より 12~15%高くなっている (Jewison and Gale、2012)。したがって、中国南部は、輸入された米国産 DDGS を使用する主要な地域となっている。輸入された米国産 DDGS は、中国内部への輸送コストが発生するため、港湾直近の地域で多く使用される傾向がある。このため、中国において生産される DDGS は、エタノール工場近隣の地域でより多く使用されている。

引用文献

- Almeida, F. N., G. I. Petersen, and H. H. Stein. 2011. Digestibility of amino acids in corn, corn coproducts, and bakery meal fed to growing pigs. *J. Anim. Sci.* 89: 4109-4115.
- Biomim. 2014. Mycotoxins: Science and solutions. *Biomim magazine*, April, 2014.
- Fabiosa, J., J. Hansen, H. Matthey, S. Pan, and F. Tuan. 2009. Assessing China's potential import demand for distillers dried grain: Implications for grain trade. *CARD Staff Report 09-SR 104*, December, 2009.
- Fastinger, N. D., and D. C. Mahan. 2006. Determination of the ileal amino acid and energy digestibilities of corn distillers dried grains with solubles using grower-nisher pigs. *J. Anim. Sci.* 84: 1722-1728.
- Gale, F. 2015. Development of China's feed industry and demand for imported commodities. *USDA-ERS Outlook Report FDS-15K-01*, November 2015.
- Gale, F., and J.C. Buzby. 2009. Imports from China and food safety issues. *ERS Economic Information Bulletin* 52, July, 2009.
- Guan, S., M. Gong, Y. Yin, R. Huang, Z. Ruan, T. Zhou, and M. Xie. 2011. Occurrence of mycotoxins in feeds and feed ingredients in China. *J. Food Ag. Env.* 9:163-167.
- Ingledeew, W.M., D.R. Kelsall, G.D. Austin, and C. Kluhspies. 2009. *The Alcohol Textbook*, 5th Ed., Nottingham University Press, Nottingham, U.K.
- Jacela, J. Y., H. L. Frobose, J. M. DeRouchey, M. D. Tokach, S. S. Dritz, R. D. Goodband, and J. L. Nelssen. 2010. Amino acid digestibility and energy concentration of high-protein corn dried distillers grains and high-protein sorghum dried distillers grains with solubles for swine. *J. Anim. Sci.* 88: 3617-3623.
- Jewison, M., and F. Gale. 2012. China's market for distillers dried grains and the key influences on its longer run potential. *USDA-ERS Outlook Report FDS-12g-01*, August 2012.
- Jie, Y.Z., J.Y. Zhang, L.H. Zhao, Q.G. Ma, and J. Cheng. 2013. The relationship between the metabolizable energy content, chemical composition and color score in different sources of corn DDGS.
- Kerr, B.J., W.A. Dozier, and G.C. Shurson. 2013. Effects of reduced-oil corn distillers dried grains with solubles composition on digestible and metabolizable energy value and prediction in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 91:3231-3243.
- Khatibi, P.A., N.J. McMaster, R. Musser, and D.G. Schmale III. 2014. Survey of mycotoxins in corn distillers' dried grains with solubles from seventy-eight ethanol plants in twelve states in the U.S. in 2011. *Toxins* 6:1155-1168.

- Kim, B. G., D. Y. Kil, Y. Zhang, and H. H. Stein. 2012. Concentrations of analyzed or reactive lysine, but not crude protein, may predict the concentration of digestible lysine in distillers dried grains with solubles fed to pigs. *J. Anim. Sci.* 90: 3798–3808.
- Li, P., D.F. Li, H.Y. Zhang, Z.C. Li, P.F. Zhao, Z.K. Zeng, X. Xu, and X.S. Piao. 2015. Determination and prediction of energy values in corn distillers dried grains with solubles with varying oil content for growing pigs. *J. Anim. Sci.* 93:3458–3470.
- Li, X., L. Zhao, L. Y. Fan, Y. Jia, L. Sun, S. Ma, C. Ji, Q. Ma, and J. Zhang. 2014. Occurrence of mycotoxins in feed ingredients and complete feeds obtained from the Beijing region of China. *J. Anim. Sci. Biotech.* 5:37–45.
- Pahm, A. A., C. Pedersen, D. Hoehler, and H. H. Stein. 2008. Factors affecting the variability in ileal amino acid digestibility in corn distillers dried grains with solubles fed to growing pigs. *J. Anim. Sci.* 86: 2180–2189.
- Soares, J. A., H. H. Stein, V. Singh, G. S. Shurson, and J. E. Pettigrew. 2012. Amino acid digestibility of corn distillers dried grains with solubles, liquid condensed solubles, pulse dried thin stillage, and syrup balls fed to growing pigs. *J. Anim. Sci.* 90: 1255–1237.
- Stein, H. H., S. P. Connot, and C. Pedersen. 2009. Energy and nutrient digestibility in four sources of distillers dried grains with solubles produced from corn grown within a narrow geographical area and fed to growing pigs. *Asian–Australas. J. Anim. Sci.* 22: 1016–1025.
- Stein, H. H., M. L. Gibson, C. Pedersen, and M. G. Boersma. 2006. Amino acid and energy digestibility in ten samples of distillers dried grain with solubles fed to growing pigs. *J. Anim. Sci.* 84: 853–860.
- Tena, N., A. Boix, and C. von Holst. 2015. Identification of botanical and geographical origin of distillers dried grains with solubles by near infrared microscopy. *Food Control* 54:103–110.
- Urriola, P. E., D. Hoehler, C. Pedersen, H. H. Stein, and G. C. Shurson. 2009. Amino acid digestibility of distillers dried grains with solubles, produced from sorghum, a sorghum–corn blend, and corn fed to growing pigs. *J. Anim. Sci.* 87: 2574–2580.
- Urriola, P.E., L.J. Johnston, H.H. Stein, and G.C. Shurson. 2013. Prediction of the concentration of standardized ileal digestible amino acids in distillers dried grains with solubles. *J. Anim. Sci.* 91:4389–4396.
- Xue, P.C., B. Dong, J.J. Zang, Z.P. Zhu, and L.M. Gong. 2012. Energy and standardized ileal amino acid digestibilities of Chinese distillers dried grains, produced from different regions and grains fed to growing pigs. *Asian–Aust J. Anim. Sci.* 25:104–113.
- Zhang, Y. J. Gaupert, P.M. Imerman, J.L. Richard, and G.C. Shurson. 2009. The occurrence and concentration of mycotoxins in U.S. distillers dried grains with solubles. *J. Agric. Food Chem.* 57:9828–9837.

