

## DDGSハンドブック第4版

DDGSの栄養分析と新たな発見をまとめたDDGSハンドブック第4版がアメリカ穀物協会から発行されました。こちらでその一部を和訳したものを数回にわたってご紹介いたします。

(177号:「DDGSハンドブック第4版」の続き)

## 第10章-vol.1

## DDGSの色調は品質と栄養価の信頼できる指標ではない

## なぜDDGSの色が品質の問題として捉えられているのか

トウモロコシ(例えば米国のNo.2)やその他の米国産穀物商品のように、DDGSには格付けシステム、または定義および品質基準はない。その結果、世界中の米国DDGSの売り手と買い手の間で誤解が生まれる可能性がある。品質基準がない状況では、価格設定、契約書の作成、期待への対応は困難となっている。過去10年間にわたって、業界、政府および各学術界の専門家がDDGSの品質基準について協議し、品質基準の設定を試みてきたが、品質基準の定義設定の必要性に関する意見の相違およびおそらく透明性の向上と、品質を区分してDDGS供給源間の差に関する評価能力が高まることへの警戒感から、試みは失敗に終わっている。米国の多くのDDGS販売担当者は、水分および繊維の最大含量値保証と、脂肪とたん白質の最小含量値保証値のみにスポットを当てて好んでいる。しかし、米国産DDGSの供給業者間で栄養成分含量と品質にはバラツキがあるため、世界の買い手は、自らが期待している水準に合わない併産物を入手するリスクを最小限に抑えるために、特定の品質項目に関する保証を要求することがある。

DDGSの色調は、輸出市場の一部のバイヤーにとって品質を保証する非常に重要な要因となっており、DDGS供給源を評価する際の指標として使われている。数年前、一部のDDGSの売り手と買い手は5色のスコアカード(図1)を使用した主観的な色調評価システムを開発し、DDGS供給源の色調による区別を行った。このスコアカードは現在も使用されているが、あまりにも主観的すぎ、スコアの解釈の違いによる売り手と買い手との間で論争が頻繁に起こっているため、マーケティング担当者の多くはその使用を中止している。その結果、米国の供給業者と海外(特にアジア諸国)の買い手との間で交渉が進められている売買契約の中に、色調の量的測定値(L\*色調の明暗)の最

低保証が含まれるようになっている。現在、一部の買い手の要求にこたえるために、DDGSの色調の明暗の最少保障値としてハンターL\* $>50$ を採用している。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、一部の市場向けには、L\* $>50$ を保証している。

このため、買い手の色調に対する希望を満たすことが出来ない一部の供給業者は、DDGSの品質の指標として色調を用いることへの不満と疑念を抱くようになっている。このような理由で、本章では、DDGSの品質と、市場で品質を表す指標として色調を用いる理由を明確化し、DDGSの品質を評価するためのその他の様々な品質特性と測定結果について説明することとする。



図1. DDGSカラースコアカードの例

## 品質をどのように定義するのか?

品質には多くの定義があるが、その製品の卓越性、優位性または際立った特性等を表す本質的な特徴あるいは固有の特性と定義することが出来る(<http://www.merriam-webster.com/dictionary/quality>)。ビジネスの世界では、品質は卓越性、または、欠陥、不具合、著しいバラツキがない状態を示す一般的な尺度と定義されている(<http://www.businessdictionary.com/definition/quality.html>)。ISO 8402-1986規格では、品質を「指定または暗黙のニーズを満たす能力を備えた製品またはサービスの特性および機能の全

体」と定義している。製造の世界では、品質は特定の顧客またはユーザーの要求を満たす均一な製品を実現するための、測定および検証が可能な基準を一貫して厳密に遵守することを定義している。品質は、測定可能な基準を使用して客観的に確認することが可能で、主観的には、観察可能な特性として評価はできるが、測定することはできない特性であると言える。したがって、品質は有形物の望ましい特性を指す一般的な用語であって、人によって解釈が異なることを意味している。

### 飼料原料と飼料の品質はどのように定めるのか？

飼料製造業者および畜産生産者は飼料原料および飼料の品質を評価するために、物理・化学的および生物学的試験を含む、様々な定性的、定量的な方法を用いている。飼料の物理的評価は定性的なものであり、飼料原料と飼料の性質の変化を特定するために使用されている。一般的に評価される物理的特性には、色、粒子サイズ、かさ密度、均質性、臭い、味、触覚、音等がある。他の穀物、雑草の種、外皮、砂などの混入は、物理的評価によって確認できる最も一般的な異物である。

化学的な試験は定量的なものであり、栄養成分および潜在的な汚染物質の推定を可能にする。民間試験機関を利用して飼料原料の一般成分分析を行うことは品質を評価するための一般的な手法となっている。これらの測定項目には通常、水分、粗たん白質(CP)、粗繊維、粗脂肪、灰分がある。原料の特性(栄養成分組成)は、飼料製造における品質保証で不可欠であり、購買契約の作成、品質の評価およびある程度までは基礎的な配合設計用データとして使用される。これらの栄養成分値は、供給される原料が求めるレベルに達しているかを評価する指標となり、懸念される潜在的な汚染物質(マイコトキシン、ダイオキシンなど)の測定値が含まれる場合もある。

実体顕微鏡検査は、飼料または飼料原料に異物や汚染物質が混入しているか否かを判断する際に利用される。低倍率(8x~50x)および高倍率(100x~500x)の顕微鏡で飼料原料サンプルを鏡検し、形状、色、粒子サイズ、柔らかさ、硬度および質感を評価する。飼料原料の生物学的評価も行われるが、通常、大学や動物を用いた研究施設を持つ大規模な飼料会社に限定される。これには、動物の使用と、様々な動物種の消化および代謝試験を実施するための特別な訓練を受けた人材が必要となる。このような試験では、時間と費用がかかるため、飼料製造品質管理プログラムの一部として使用される日常的な手順とはなり得ないが、他のすべての方法と比較して、飼料原料の品質と価値を最も正しく評価することが出来る。

品質とは有形物の望ましい特性を指す一般的な用語であり、人によって異なることを意味している。一部のユーザーにとって、DDGSの品質は、マイコトキシン汚染がないおよび家畜・家禽の健康と発育成績に有害と考えられる抗栄養因子を指す場合がある一方で、他のユーザーにとっては、安定した栄養成分含量と消化率を意味している可能性もある。これらの定義を考えると、色調はDDGSの品質を評価するための指標として、一部の市場で使用することが可能であり、実際に使用されている。

### なぜ色調を測定するのか？

これまで何十年にもわたって色調は飼料原料の栄養価の主観的な評価指標として使用されてきた。遊離アミノ酸(特にリジン)は、還元糖と結合してメイラード反応を起こし、動物が消化しにくくなる。Louis Camille Maillardは、1912年に糖とアミノ酸の間の化学反応に関する化学反応を最初に発見した。メイラード反応は、糖とアミノ酸だけではなく、複合炭水化物とアミドを加熱するときに発生する一連の化学反応である。一般的に、これらの反応は製造および乾燥工程中にたん白質含量が中程度あるいは多量に含まれる飼料原料が過熱された際に発生し、色の黒ずみ(褐色化)、焦げた風味やにおいが特徴である。乾式粉碎エタノール工場で使用されているDDGSの乾燥温度は、127~621℃の範囲であり、DDGSでのメイラード反応による影響は、反芻動物(Klopfenstein and Britton, 1987)だけでなく、豚や家禽(Cromwellら, 1993)でも報告されており、DDGS中のたん白質の品質の低下の原因となっている(Cromwellら, 1993; Fastinger and Mahan 2006; Steinら, 2006)。メイラード反応は、乾燥ホエー、血粉、大豆粕などの他の一般的な原料でも発生する。これらの成分の色調が濃くなることも、過熱とたん白質の品質の低下を示している。したがって、飼料原料の買い手と飼料製造業者は、飼料原料の供給源間におけるたん白質の品質と消化率の違いを判断するための一般的な指標として色調を使用するように指導されている。

この他に、色調は穀物の成熟度、保管条件、有害物質の存在、砂などの混入、殺虫剤/殺菌剤の使用の可能性を知るための目安ともなる。この場合、穀物の外観は、くすんではこりっぽくなる。オレンジ色から赤色のソルガムは、タンニン含有量が高い可能性がある。穀物または穀物副産物の褐変または黒化は、不適切な保管による過剰な熱処理または腐敗を示し、栄養価を低下させる可能性がある。色調が黒い魚粉は含まれている魚油が酸敗している可能性がある。



## 色調の測定法

食品業界では、キャンディーバー、クッキー、パンなどの熱処理された製品の栄養および物理的特性の指標として、ハンターラボ(Hunter Lab)とミノルタ(Minolta)の色差計が長年使用されてきた。これらの食品では、色調は消費者にとって製品の魅力を決定する重要な品質特性となっている。色調はオーストリア・ウィーン国際委員会によって明確に定義された3種の色特性を読み取ることで測定される[明度またはL\*(0濃

い、100明るい)、a\*(赤味-緑味)、b\*(黄味-青味)、図2]。

たん白質含量が中度から高度の飼料原料、特にDDGSの色調測定は、熱損傷の程度を評価するために飼料業界で一般的に使用されている。ミノルタの色差計を用いたカラースコアは、ハンターラボの色差計を用いたものより低くなることを認識しておくことが重要である。Urriolaら(2013)は、同一試料のハンターラボによる値と比べて、ミノルタによる一般にL\*は2.9ユニット低く、b\*は1.7ユニット低いことを示している。ただし、いず

表1. 栄養学的および物理的特性に関するDDGSの色(または加熱の程度)に関する研究結果の要約

引用文献	サンプル数	L*の範囲	a*の範囲	b*の範囲	重要な知見
Cromwell et al. (1993)	9	28.9-53.2	ND	12.4-24.1	DDGSのL*とリジン含量、L*およびb*のプロイラー雑の増体日量及び飼料効率との間の有意な相関関係(豚でも同様)。DDGS摂取量とプロイラー雑の増体日量と飼料効率の間に高い相関関係。
Whitney et al. (2001)	2	ND; Light and Dark	ND	ND	明るい色調のDDGSにおけるリジンのAIDは47.4%、暗い色調のDDGSのリジンのAIDは0%。
Ergul et al. (2003)	4	41.8-53.8	ND	32.9-42.8	L*およびb*と家禽における可消化リジンとの間に有意な相関。
Roberson et al.(2005)	2	ND; Light and Dark	ND	ND	キサントフィル含量：明るい色調のDDGSでは29.8 mg/kg、暗い色調のDDGSでは3.5 mg/kg。
Rosentrater (2006)	6	40.0-49.8	8.0-9.8	18.2-23.5	L*、a*およびb*は、いくつかの物理的特性と相関がある。
Batal and Dale (2006)	6	47.9-62.9	4.1-7.6	8.8-28.4	L*、b*と。Lys、Thr、Arg、His、Trpの各消化率との間には有意な相関関係が見られたが、a*では相関なし。
Fastinger and Mahan (2006)	5	28.0-55.1	6.7-9.0	15.8-41.9	L*およびb*がより高いDDGSの豚におけるSIDアミノ酸が、暗い色調のDDGS供給源より高い。
Urriola (2013)	34	36.5-62.5	8.0-12.0	21.3-47.0	ミノルタまたはハンターの色調スコアから、豚における可消化CPとアミノ酸の予測はできない(R <sup>2</sup> は0.30未満)。L*とSIDリジンの間の相関(R <sup>2</sup> =0.48)は、L*が50以上のDDGSより、L*が50以下のDDGSで高い(R <sup>2</sup> =0.03)。
Bhadra et al. (2007)	3	36.6-50.2	5.2-10.8	12.5-23.4	a*およびb*は水分活性と高い相関があり、熱特性と中程度の相関があり、飼料の保管とその後の処理に重要な場合がある。
Martinez Amezcua and Parsons (2007)	ND	ND; heat process-sed light colored DDGS sample	ND	ND	DDGSの加熱により、家禽におけるリンの相対的生物学的利用率は大幅に増加するが、アミノ酸消化率(特にリジン)は大幅に低下する。
Ganesan et al. (2008)	ND	40.8-54.1	12.4-18.7	57.6-73.3	DDGS製造時のジスチラーズ・ソリュブルの添加はL*を低下させ、a*を高め、水分と相互作用してDDGSの色調に影響を与える。
Liu (2008)	6	44.9-59.6	8.3-11.4	31.0-46.4	ほとんどのDDGSサンプルでは、L*およびb*の減少と、粒子サイズの増加に伴うa*のわずかな増加を示した。
Pahm (2009)	7	49.3-56.4	10.4-14.5	36.7-43.9	L*と鶏ヒナにおけるSIDリジンの相関は低かったが、リジンの相対的生物学的利用率との相関は高かった。
Kingsly et al. (2010)	1	49.0-53.4	8.8-11.3	24.7-26.5	濃縮ジスチラーズ・ソリュブルの添加レベルの低下により、L*は高まり、a*は低下する。
Song et al. (2013)	31	45.2-58.1	9.3-12.4	26.6-42.4	L*およびb*と、脂肪酸化の評価値(TBARSおよびPV)との間には有意な相関あり。DDGS中のTBARSはトウモロコシの5~25倍。

ND=測定値なし



図2. ハンターラボの色調測定スケール

この方法を用いても、カラスコアによる試料の順位付けは同様となる。したがって、DDGSを取引する際の基準として色差計による数値を用いる場合には、誤解がないように、使用方法(ハンターラボなのかミノルタなどか)を契約書内で明確にしておく必要がある。

### なぜ一部の輸出市場で色調が重要視されているのか?

世界市場の中で活動する際には、世界中の様々な文化圏の中で物事をどのように認識されているか、その地域の人々がどのように考えるかという象徴的な特性と行動原理を理解することが不可欠となる。Webサイト([http://webdesign.about.com/od/colorcharts/1/bl\\_colorculture.htm](http://webdesign.about.com/od/colorcharts/1/bl_colorculture.htm))は、図2の様々な色の意味を説明しているが、ハンターラボによる色調測定結果は、様々な文化を押し量ることができる。例えば、中国では黄色は最も美しい色であると考えており、大地や物事のすべての中心を意味している([http://en.wikipedia.org/wiki/Color\\_in\\_Chinese\\_culture](http://en.wikipedia.org/wiki/Color_in_Chinese_culture))。黄色は茶色より階級が上で、幸運をもたらす。黄色は中国帝国の色であり、古代中国の伝説的な5代皇帝の象徴的な色として、王宮、祭壇、寺院の装飾、皇帝の礼服や衣装に使用されていた。また、黄色は世俗的な苦勞からの解放を表し、仏教界でも重んじられている。さらに、多くのアジア諸国では、米国で見られるような典型的な淡い色の卵黄や鶏の皮膚よりも濃い黄色の卵黄や黄色の鶏の皮膚を好む傾向にある。これらのことは、アジアの多くの地域で、色調が黄色や黄金色の「Golden」DDGSが好まれている理由の1つであると思われる。

### DDGSの色調と栄養価の間には関係があるのか?

#### 供給源の違いによる色調の変化

米国産トウモロコシのDDGSは供給源間で、その色調に大

きな違いがある(図3)。供給源の違いによる色調の範囲(L\*, a\*, b\*)と加熱の程度、栄養特性と物理的特性の違いとの関係性を評価するために15報の研究報告が公表されている。これらの報告の概要を表1に示したが、2報(Urriolaら、2013; Song and Shurson、2013)を除くすべての報告では、少数の試料(n=2~9)についての評価が行われている。ただし、これらのほとんどの報告で評価された試料数は限られてはいるものの、Rosentrater(2006)、Pahmら(2009)およびKingslyら(2010)の報告を除いて、L\*には試料間で有意差があった。Cromwellら(1993)およびUrriolaら(2013)の報告には、飲料用エタノール工場で製造されたDDGSが含まれており、このことがL\*値が非常に低かった(色調が暗い)理由である可能性はあるが、Fastinger and Mahan(2006)およびBhadraら(2007)による報告による燃料用エタノール工場で製造されたDDGSのみを評価した際に認められた低いL\*値を説明できない。

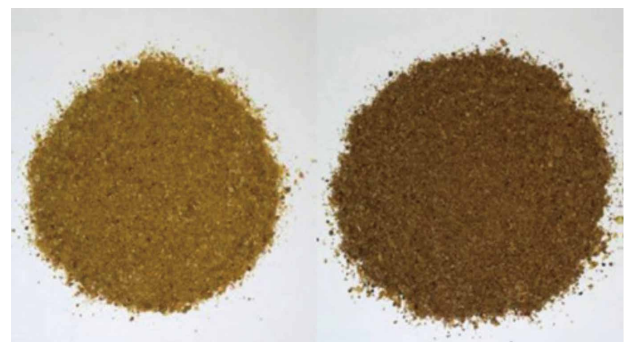


図3. 米国産トウモロコシDDGSの色調の違い

(次号に続く)

第10章の引用文献リストにつきましてはこちらをご覧ください。  
<https://grains.org/buying-selling/ddgs/user-handbook/>

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

〒105-0001 東京都港区虎ノ門1丁目2番20号  
 第3虎の門電気ビル11階  
 Tel: 03-6206-1041 Fax: 03-6205-4960  
 E-mail: [Japan@grains.org](mailto:Japan@grains.org)

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