

色澤是玉米乾酒粕品質的最佳指標嗎？

美國明尼蘇達州州立大學畜產系教授 Dr. Jerry Shurson 撰

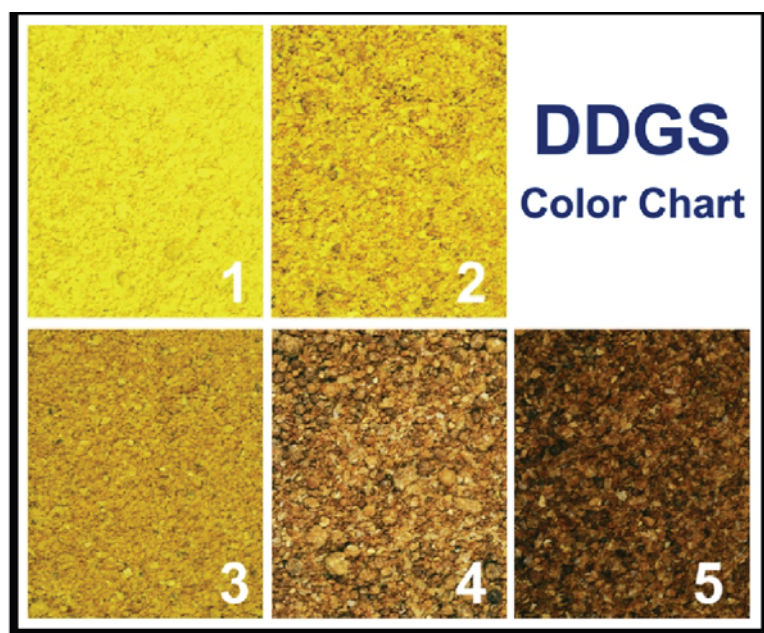
陳淵國博士 譯

為什麼玉米乾酒粕的色澤是品質議題？

長久以來玉米乾酒粕並不像玉米(例如:2號玉米)和其它大宗穀物一樣有一套分級系統或明確界定規範的品質標準；因此。美國玉米乾酒粕銷售到世界各地時可能引起買方和賣方彼此的歧見。在缺乏品質標準的情況下，議定價格、簽訂合約、和符合雙方的期望都是不切實際的。儘管過去這十年產業界的專業人員、政府相關單位和學術界經過許多的討論，試圖建立一套玉米乾酒粕的品質標準；但是因為對於是否需要訂定品質標準的意見紛歧，也有人擔心運銷體系過度的透明，以及是否有能力確實分辨不同來源玉米乾酒粕的品質和價值，所以制定品質標準的努力也徒勞無功。大部分美國玉米乾酒粕的銷售體系都偏好只保證水分和纖維含量的上限及脂肪和蛋白質含量的下限；但是許多世界各國的買家都會進一步要求某些特定品質項目的保證，以減少他們買到不符合需求產品的風險。

在國際市場，玉米乾酒粕的顏色成為部分買家很主要的品質考量因素，也成為買方分辨不同來源玉米乾酒粕實際或認知品質的方式。幾年前，一些玉米乾酒粕的買賣方發展出一套主觀的顏色評斷系統，用五種顏色的色卡(圖一)來分辨不同來源玉米乾酒粕的顏色；目前雖然仍有色卡在市場上使用，但是有許多賣方已經不再用色卡作為品質評斷的標準，因為這個方法太過主觀，而且經常造成買賣雙方在顏色判別上的爭議。所以現在很多美國出口商和國際買家(尤其是亞洲國家)在議定合約時開始將量化的顏色測定(例如:L*-顏色的亮度)作為品質保證的項目之一。目前可以滿足買方需求的顏色亮度標準是杭特氏亮度值(Hunter L*)大於 50。儘管有許多國家購買美國玉米乾酒粕時並不關注顏色，而且這些地區的進口量也持續增加，但是某些國家的市場會要求杭特氏亮度值(Hunter L*)大於 50 作為品質保證的項目，符合這個要求的玉米乾酒粕也可以得到顯著的加價。

結果讓部分美國的玉米乾酒粕供應商(尤其是無法供應滿足買家對顏色要求的供應商)感到非常挫折，並且質疑採用顏色作為評斷玉米乾酒粕品質的實用價值。本文的主要目的是要定義玉米乾酒粕的品質以及探討顏色在交易中作為品質指標所扮演的角色，同時提供其它可以用來評估玉米乾酒粕價值的品質特性和量化指標。



[圖一]玉米乾酒粕顏色辨識色卡。

何謂”品質”？

品質有各種不同的定義。所謂品質是指一種基本形質或先天特性可以展現優良卓越的程度或可以差異化的屬性

(<http://www.merriam-webster.com/dictionary/quality>)。在商業情境中

(<http://www.businessdictionary.com/definition/quality.html>)，品質代表優良程度或沒有瑕疵、缺陷、和顯著變異的綜合測定。ISO8402-1986 標準中”品質”的定義是”某種產品或服務的特性、特徵可以符合其陳述或引申性狀的完備程度”。在製造業的領域，品質的定義是依照嚴謹且穩定的可量化或可驗證的標準生產出滿足特定消費使用者需求的一致性產品。某些品質項目可以用可量化的標準客觀的測定，但是某些不可量化的特性就需要靠主觀的觀察或估計來評斷。因此，品質是對某種事物是否合乎需求的概括性描述，其意義可能因人而異。

飼料和飼料原料的品質是如何決定的？

飼料和畜牧業者採用各種質性和量化的方法(包括:物理性、化學性、和生物性試驗)來評估飼料和飼料原料的品質。物理性測定是質性的，用來辨識飼料和原料先天特性的改變；物理性狀的評估通常包括:顏色、粒度大小、比重、均勻度、風味、味道、觸感、和聲音。用物理性評估最常發現的飼料或原料的雜質包括:其它穀物、雜草種子、外皮或外殼、和沙。

化學性測定是可量化的，可以精確的估計營養成分和可能的外來雜質。一般業者會採用商業化驗室的服務來分析飼料原料的近似分析(proximate analysis)，

典型的分析項目包括:水分、粗蛋白質、粗纖維、粗脂肪、和灰分。飼料原料規格(營養成分含量)是飼料製造品質保證的基礎，也是訂定買賣合約、評估飼料品質、甚至計算飼糧配方的依據。這些營養成分規格是確保飼料原料合乎預期水準的標準，成分規格有時也包括測定一些可能存在的污染物質(例如:黴菌毒素、戴奧辛)。

飼料鏡檢有時候也被用來檢視飼料或飼料原料是否被摻假或是含有外來污染物。鏡檢通常是用低倍數(8-50 倍)和高倍數(100-150 倍)的顯微鏡將飼料原料放大來檢視其形狀、顏色、粒度大小、軟硬和組織結構。

飼料原料有時也會做生物性測定，但通常只侷限在大學或是有動物試驗研究設施的大型飼料公司。生物性測定需要各種不同的試驗動物和受過專業訓練的研究人員來進行消化和代謝試驗。這些試驗耗時且成本很高，所以無法做為飼料製造品質計畫的例行步驟。但是和其它方法比較起來，生物性測定才是評估飼料原料品質和飼養價值最好的方法。

因為品質是對某種事物是否合乎需求的概括性描述，其意義可能因人而異；所以對某些人而言，玉米乾酒粕品質意味著不能含有黴菌毒素或其它可能危害動物健康或表現的抗營養性因子；但是另一部分人可能認為品質代表的是營養成分和消化率的穩定性。從這樣的定義來看，顏色可能在某些市場被用來定義玉米乾酒粕的品質。

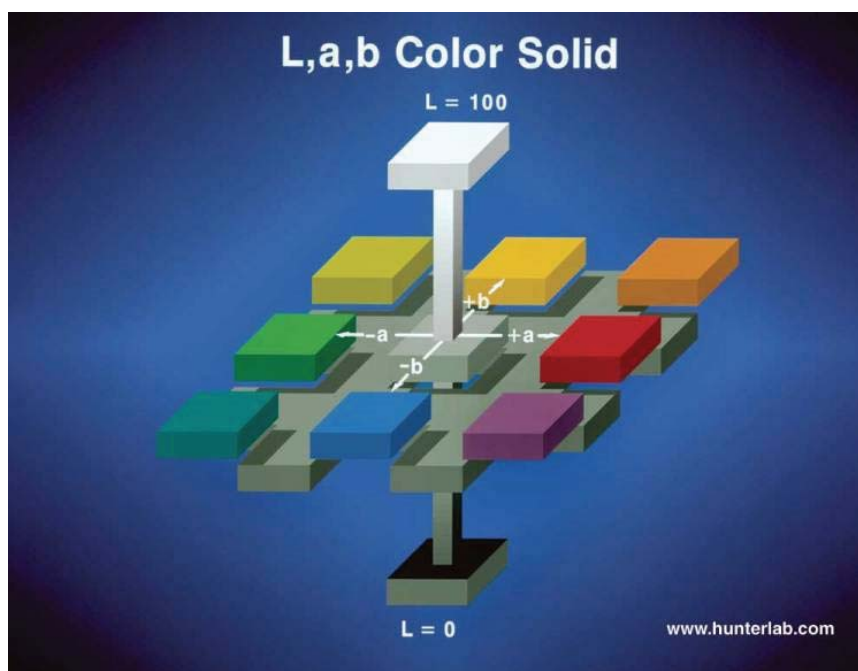
為什麼要測定顏色？

用顏色作為飼料原料營養品質的主觀指標已經行之有年。原料中的游離胺基酸(尤其是離胺酸)會和還原糖產生梅納反應(Maillard reactions)，造成這些營養成分消化率的下降。西元 1912 年，Louis Camille Maillard發現並且首次描述了這些發生在糖和胺基酸之間的化學反應；將糖和胺基酸或是碳水化合物和醃胺放在一起加熱時所產生的一系列化學反應被稱為梅納反應；這些反應通常是中、高蛋白質含量的飼料原料生產和乾燥的過程因為過度加熱所造成；發生這些反應的原料具有顏色加深(褐化)和燒焦味的特徵。乾式碾磨酒精工廠用來乾燥酒粕的溫度介於攝氏 127 到 621 度之間；梅納反應對於玉米乾酒粕營養價值的重要性已經在反芻動物(Klopfenstein and Britton, 1987)以及豬和雞(Cromwell et al., 1993)的研究中被證實；充分的科學證據也顯示梅納反應是造成玉米乾酒粕蛋白質品質下降的主要原因(Cromwell et al., 1993; Fastinger and Mahan, 2006; Stein et al., 2006)。梅納反應在乳清粉、血粉、和黃豆粉等常用原料也很經常發現；顏色較深的這些原料也意味著過度加熱和蛋白質品質較差。因此飼料原料的採購人員和飼料製造商已經很習慣用顏色作為分辨不同來源飼料原料蛋白質品質和消化率的指標。

此外，灰暗的顏色也可以作為穀物成熟度、貯存狀況、和是否有毒素、沙、殺蟲劑等污染的參考指標。高粱的橘色到紅色代表單寧酸的含量；褐色或暗黑色的穀物或穀物副產品則是過度加熱或不當貯存的質變現象；暗黑色的魚粉則可能是魚油酸敗的指標。

如何測定顏色？

食品業採用杭特氏(Hunter)和美諾達(Minolta)色度計測定曾被加熱食品(例如:糖果棒、餅乾、麵包)的營養和物理性狀已經行之有年，這些食品的顏色是吸引消費者的重要品質屬性。根據*Commission Internationale d'Eclairage*(維也納，奧地利)的定義，顏色的測定是用儀器來測量三種色澤的特性，包括:亮度(L^* ，0 暗；100 亮)、紅色度(a^* :綠-紅)、和黃色度(b^* :黃-藍) [圖 2]。飼料產業已經常態性的用色度計來評估中、高蛋白質含量原料(尤其是玉米乾酒粕)受熱破壞的程度。值得注意的是用美諾達色度計所測得的顏色值比杭特氏色度計低，Urriola (2007)的研究證實用美諾達色度計測定同一樣品所得的亮度值(L^*)和黃色度值(b^*)分別比杭特氏色度計的數值低 2.9 和 1.7 單位；但是用兩種方法測定一組樣品時，數值的相對排序是相同的。所以如果要用顏色測定來做為玉米乾酒粕買賣的依據，務必在合約中詳細載明所使用的測定方法和儀器以避免錯誤的解讀分析結果。



[圖 2]杭特氏顏色測定量表。

為什麼玉米乾酒粕的顏色只在某些出口市場很受重視？

當我們在一個全球經濟體生活和工作，了解不同文化體系對事物的認知、不同國家的人對自然界符號象徵的看法和採取任何行動的基礎是很重要的。舉例來說，有一個網頁(http://webdesign.about.com/od/colorcharts/1/bl_colorculture.htm)探討了不同顏色在不同文化所代表的意義；例如：中國文化認為黃色是最美的顏色，和象徵土地和一切事物的中心

(http://en.wikipedia.org/wiki/Color_in_Chinese_culture)。黃色比棕色好，強調中性和好運。黃色是中國皇室的代表色，曾經有五個古中國的傳統王朝用黃色做為象徵皇室專用的顏色，用此顏色來裝飾皇宮、祭壇、和廟，黃色也被用來做皇袍和皇室成員的服裝，黃色代表舉世關注的自由，也被佛教高度的尊崇。此外，亞洲國家的消費者也偏好深黃顏色的蛋黃和黃色膚色的雞肉。所以黃色或金黃色在亞洲社會比棕色更受到喜好和尊崇，這也可能是造成亞洲國家買主喜好金黃色玉米乾酒粕的原因之一。

玉米乾酒粕的顏色和其營養價值有關？

玉米乾酒粕的顏色變異

不同來源的美國玉米乾酒粕在顏色上有顯著的差異([圖 3])。有十五篇研究報告曾經測定不同來源玉米乾酒粕的顏色(L^* 、 a^* 、 b^*)、或加熱程度，並且探討顏色與營養價值和物理性狀的相關性。這些研究的主要結論摘要詳列於[表 1]。除兩個研究(Urriola, 2007； Song et al. 2011)之外，其它研究中所評估的美國玉米乾酒粕的樣品數都不多(2 至 9 個樣品)；儘管樣品數有限，但是除了 Rosentrater (2006)、Pahm et al. (2009)、和 Kingsly et al. (2010)之外，其它研究都發現不同來源的玉米乾酒粕在顏色的亮度(L^*)上有顯著差異。Cromwell et al. (1993)和 Urriola (2007)的研究包括了一部分飲用酒精工廠的樣品，也難怪有一些樣品的 L^* 質非常低(顏色較暗)；但是 Fastinger and Mahan (2006)和 Bhadra et al, (2007)兩篇文獻所用的都是燃料用酒精的樣品，但是也發現許多亮度(L^*)偏低的樣品。



[圖 3]美國玉米乾酒粕的顏色差異。

[表 1]美國玉米乾酒粕的顏色(和受熱程度)影響營養和物理性狀的研究報告摘要。

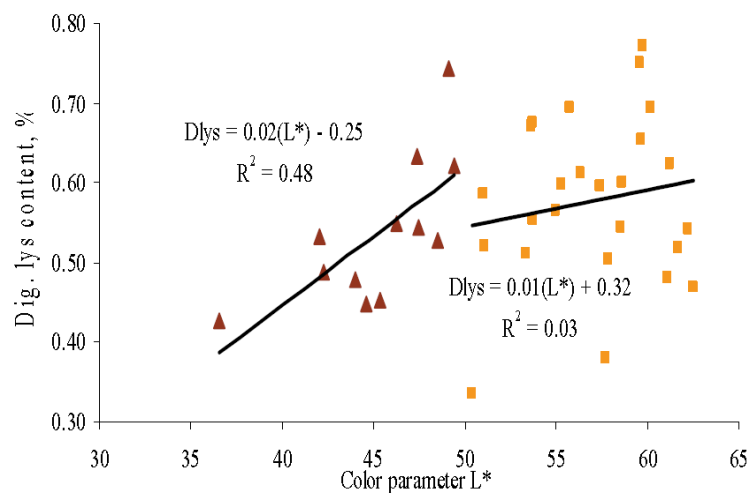
文獻	樣品數	L*範圍	a*範圍	b*範圍	主要發現
Cromwell et al. (1993)	9	28.9-53.2	ND	12.4-24.1	L*值和離胺酸的含量顯著相關；L*和 b*值和肉雞的增重和換肉率顯著相關。顏色對豬隻也有相同的影響。玉米乾酒粕的酸洗不可溶含氮量和雞隻的增重和換肉率高度相關。
Whitney et al. (2001)	2	ND; 亮和暗	ND	ND	顏色亮的玉米乾酒粕的離胺酸表面迴腸消化率(AID)是 47.4%，但顏色暗的樣品是 0%。
Ergul et al. (2003)	4	41.8-53.8	ND	32.9-42.8	L*和 b*值和離胺酸在家禽的消化率顯著相關。
Roberson et al. (2005)	2	ND; 亮和暗	ND	ND	顏色亮的樣品葉黃素的含量是 29.8 毫克/公斤；顏色較暗的樣品則只有 3.5 毫克/公斤。
Rosentrater (2006)	6	40.9-49.8	8.0-9.8	18.2-23.5	L*、a*、b*值和多項物理性狀有相關性。
Batal and Dale (2006)	6	47.9-62.9	4.1-7.6	8.8-28.4	L*和 b*值與可消化離胺酸、息寧胺酸、精胺酸、組胺酸、和色胺酸有顯著相關。a*值則沒有影響。
Fastinger and Mahan (2006)	5	28.0-55.1	6.7-9.0	15.8-41.9	L*和 a*較高的樣品，豬隻的胺基酸表面和標準消化率較高。
Urriola (2007)	34	36.5-62.5	8.0-12.0	21.3-47.0	豬隻可消化蛋白質和可消化胺基酸和 <u>美諾達</u> 和 <u>杭特氏</u> 色度值相關相不高($R^2 < 0.30$)。當 $L^* < 50$ 時，L*值和離胺酸標準化小腸消化率的相關性較高($R^2 = 0.48$)， $L^* > 50$ 時，兩者的相關性較低($R^2 = 0.03$)。
Bhadra et al. (2007)	3	36.5-62.5	5.2-10.8	12.5-23.4	a*和 b*值與玉米乾酒粕的水活性高度相關，和加熱穩定度有中度相關；對於貯存和進一步的加工很重要。
Martinez Amezcua & Parsons (2007)	ND	ND; 加熱處理樣品 (亮)	ND	ND	在家禽，提高玉米乾酒粕加熱的幅度可以提高磷的生物有效性，但胺基酸，尤其是離胺酸的有效性則顯著降低。
Ganesan et al. (2008)	ND	40.8-54.1	12.4-18.7	57.6-73.3	可溶物的回加量增加會降低 L*值，但提高 a*。可溶物添加量和水分含量對玉米乾酒粕顏色的影響有交互作用。
Liu (2008)	6	44.9-59.6	8.3-11.4	31.0-46.4	粒度大小提高時，L*和 b*值會下降，但 a*會提高。
Pahm (2009)	7	49.3-56.4	10.4-14.5	36.7-43.9	L*值和雞隻的離胺酸標準化小腸消化率相關性很低(0.29)，但是和離胺酸的相對生物有效性高度相關(0.90)。
Kingsly et al. (2010)	1	49.0-53.4	8.8-11.3	24.7-26.5	濃縮可溶物的添加量減少，L*值提高，a*值降低。
Song et al. (2011)	31	45.2-58.1	9.3-12.4	26.6-42.4	L*和 a*值和脂肪氧化(硫代巴比妥酸值 TBARS 和過氧化價 PV)顯著相關。玉米乾酒粕的 TBARS 值比玉米高 5-25 倍。

ND = 未測定。

玉米乾酒粕顏色和其離胺酸消化率(豬和家禽)的相關性

Evans and Butts (1948)的研究首次證實飼料原料受熱過度會造成胺基酸和蛋白質與其它化合物(例如:纖維)的結合，因而造成胺基酸(尤其是離胺酸)在豬、家禽、和魚)的消化率下降的現象。[表 1]中 15 個研究報告有 7 個研究的主要目標是以顏色作為玉米乾酒粕過度受熱和胺基酸消化率下降指標。Cromwell et al. (1993)首先針對玉米乾酒粕的顏色、離胺酸含量、和動物性狀表現的相關性進行研究，結果發現顏色淺亮的玉米乾酒粕的離胺酸濃度較高，亮度中等的含量居中，最暗色的樣品離胺酸的含量則最低；此外，杭特氏L*值和肉雞的增重和換肉率成顯著相關；將顏色接近的玉米乾酒粕分組混合來餵飼豬隻所得到的結果和雞隻的試驗相同。後續Ergul et al. (2003)和Batal & Dale (2006)採用L*和b*值範圍很廣的玉米乾酒粕所進行的試驗也證實L*和b*值和離胺酸及其它胺基酸的消化率顯著相關，充分呼應了Cromwell et al. (1993)的結論。但是Pahm (2009)的研究採用 7 個屬於"金黃色"品質的玉米乾酒粕，L*值的範圍很窄(49 至 56)，結果發現L*值和家禽的離胺酸消化率並沒有相關，但是樣品之間離胺酸的相對生物有效率有顯著的差異。

其它在豬隻進行的研究(Whitney et al., 2001; Fastinger & Mahan, 2006)也發現L*值低的樣品(顏色較暗)胺基酸消化率較低。但是第一個樣品數較多(34 個)且樣品的L*值範圍很大(37 至 63)的研究(Urriola, 2007)卻發現豬隻的可消化粗蛋白質和可消化胺基酸和美諾達和杭特氏色度值的相關性很差($R^2 < 0.30$)，如果以L*值 50 為界限將樣品分成兩組，結果([圖 4])L*值低於 50 的樣品在L*值和豬隻可消化離胺酸含量的相關性雖然還是不高($R^2 = 0.48$)，但是卻明顯大於L*值高於 50 這一組；因此顏色並不能準確預測玉米乾酒粕的可消化離胺酸。綜合以上的研究結果，當L*值低於 50 時，玉米乾酒粕的顏色L*和b*可以作為相對離胺酸消化率的一般指標；但是在L*值高於 50 時則不適用。



[圖 4]玉米乾酒粕顏色亮度(L*值)和豬隻可消化離胺酸含量的關係。(Urriola et al., 2007)

玉米乾酒粕乾燥溫度和磷相對生物有效性的關係

雖然，玉米乾酒粕乾燥的過程過度加熱降低離胺酸和其它胺基酸消化率的科學證據並不一致，但是額外的加熱可以提高家禽的磷相對生物有效率。

Martines-Amezcus & Parsons (2007)用淺亮色的玉米乾酒粕進一步的提高加熱溫度，結果改善磷的相對生物有效性，但是胺基酸的消化卻明顯的下降。這是第一個證實過度加熱會改善玉米乾酒粕營養價值(磷的利用率)的科學證據。

玉米乾酒粕顏色和葉黃素含量的關係

有關測定玉米乾酒粕的研究很有限。葉黃素是存在在玉米和玉米副產物的天然黃橘色色素；在許多國家(尤其是亞洲國家)葉黃素是家禽飼料中很有價值的成分，因為葉黃素會讓蛋黃和雞肉的顏色呈現金黃色，對生產消費市場需要的禽類產品很重要。雖然合成的葉黃素色素(通常來自金盞菊花瓣)價格昂貴，但在亞洲國家仍然常態性的用在家禽飼料作為色素的主要來源。因此添加玉米加工的副產品(如:玉米筋蛋白和玉米乾酒粕)可以減少合成色素的使用，不僅降低成本同時能生產滿足消費者需求的金黃色蛋黃和雞肉。

文獻上報告的玉米乾酒粕葉黃色含量在 10.6 毫克/公斤(NRC, 1981)和 34.0 毫克/公斤(Sauvant & Tran, 2004)之間。Roberson et al. (2005)的研究雖然沒有用色度計量化玉米乾酒粕的顏色，但是發現顏色暗的樣品只有 3.5 毫克/公斤的葉黃素，而金黃色的樣品則高達 29.8 毫克/公斤。這個結果意味著過度受熱的玉米乾酒粕可能造成葉黃素的氧化，顯然金黃色玉米乾酒粕的葉黃素含量比暗色的高。

玉米乾酒粕顏色和脂肪氧化程度的關係

針對玉米乾酒粕脂肪氧化的研究很少。玉米乾酒粕含有約 10%的玉米油，玉米油含大量的不飽和脂肪酸(尤其是亞麻油酸)，所以很容易有過氧化的現象。酒精工廠用來乾燥酒粕的溫度差異很大(華氏 185-1100 度)，提高乾燥溫度和時間都會促進脂肪的過氧化反應。飼料中脂肪的過氧化作用會對豬隻的健康和生長性狀有負面的影響(L'Estrange et al., 1967; Dibner et al., 1996; DeRouchey et al., 2004)。Harrell et al. (2010)餵飼 20 至 30%玉米乾酒粕日糧或高度氧化脂肪的豬隻有類似的表現，兩者都比餵飼含新鮮玉米油(未氧化)的豬隻表現差。Song et al. (2011)新近完成的研究用一般測定脂肪過氧化程度的方法測定 31 個不同來源玉米乾酒粕樣品的硫代巴比妥酸值(thiobarbituric acid reactive substances, TBARS)和過氧化價(peroxide value, PV)。TBARS 數值的分佈是 1.0-5.2 毫微克(nanogram, 10^{-9})丙二醛/毫克脂肪(malondialdehyde, MDA/mg oil)；PV 值則介於 4.2 至 84.1 毫當量/公斤脂肪(meq/kg oil)。這些樣品中最高的 TBARS 和 PV 值分別是玉米的 25 和 27 倍。而且，玉米乾酒粕脂肪過氧化的程度和顏色的 L*和 b*有顯著的負相關；因此，顏色較暗的玉米乾酒粕可能含有比較高的氧化脂肪。

玉米乾酒粕的顏色和物理性狀有關係嗎?

物理性狀會影響玉米乾酒粕的貯存和進一步的飼料製造，[表 1]所列的文獻有五個研究嘗試了解玉米乾酒粕顏色和物理性狀之間的關係。Rosentrater (2006) 是第一篇有關玉米乾酒粕顏色(L*、a*、和 b*值)與物理性狀(水分、水活性、導電度、電阻率、密度、和流動性)相關性的研究。Bhadra et al. (2007)的研究也進一步證實 a*和 b*值和水活性高度相關，和加熱穩定性有中度的相關性，這意味著玉米乾酒粕的顏色可能是評估貯存和進一步加工性狀的指標。

玉米酒粕的製造過程是將濃縮可溶物依比例加回酒粕中再進行乾燥。可溶物加回酒粕的比例會影響最終玉米乾酒粕產品的營養成分，因為這兩部分的組成分差異很大；酒粕和濃縮可溶物的乾物質(33.8 vs. 19.5%)、粗蛋白質(33.8 vs. 19.5%)、粗纖維(9.1 vs. 1.4%)、粗脂肪(7.7 vs. 17.4%)、灰分(3.0 vs. 8.4%)、和磷(0.6 vs.1.3%)有顯著的不同，所以提高濃縮可溶物加回的比例會增加玉米乾酒粕的粗脂肪、灰分和磷含量，但是降低粗蛋白和粗纖維的含量。

Noll et al. (2006)評估添加不同量濃縮可溶物對玉米乾酒粕營養成分和消化率的影響，濃縮可溶物的添加量分別為最大可能添加量的 0、30、60、和 100%，這樣的添加比率大約等於每分鐘將 0、12、25、和 42 加侖的濃縮可溶物加回酒粕中；乾燥溫度隨著濃縮可溶物添加量的減少而下降。隨著濃縮可溶物的添加量提高，玉米乾酒粕的粒度越大，變異也越大。增加濃縮可溶物的添加量會造成玉米乾酒粕的亮度(L*)和黃色度(b*)下降([表 2])，也造成粗脂肪、灰分、家禽真可代謝能(TME_n)、鎂、鈉、磷、鉀、氯、和硫含量的增加，但是對粗蛋白質和胺基酸含量和消化率影響不大。Ganesan et al. (2008)和 Kingsly et al. (2010)證實增加濃縮可溶物的添加量會降低亮度(L*)，但提高紅色度(a*)，因此玉米乾酒粕的亮度(L*)和紅色度(a*)可以做為營養成變異的指標。

明尼蘇達大學的研究也顯示玉米乾酒粕的粒度有很大的變異(256 至 1217 微米)，而且粒度會影響豬隻的可消化能和可代謝能(Liu et al., 2011)。Liu (2008)認為玉米乾酒粕粒度提高會降低亮度(L*)和黃色度(b*)，但稍微降低紅色度(a*)。

[表 2]濃縮可溶物添加量對玉米乾酒粕顏色性狀的影響。(Noll et al., 2006)

顏色性狀	0 加侖/分	12 加侖/分	25 加侖/分	42 加侖/分	相關係數	p-value
L*	59.4	56.8	52.5	46.1	-0.98	0.0001
a*	8.0	8.4	9.3	8.8	0.62	0.03
b*	43.4	42.1	40.4	35.6	-0.92	0.0001

顏色是玉米乾酒粕品質的最佳指標嗎？

答案是不盡然，因為還有許多品項標準可以用來評斷玉米乾酒粕的品質。本文所摘要整理的研究文獻結果顯示玉米乾酒粕的顏色和許多營養成分和物理性狀有關。在某些情況下，亮度(L*)高的玉米乾酒粕可能代表離胺酸的消化率和葉黃素的含量較高，且脂肪氧化的程度最低。反之，顏色較深的玉米乾酒粕可能含有較高量的某些營養份。例如，在製程中增加濃縮可溶物的回加比例會提高玉米乾酒粕的熱能值，粗脂肪，和礦物質含量，但是對粗脂肪和胺基酸的含量及消化率影響不大；而且顏色較暗的玉米乾酒粕在家禽的磷相對生物有效性比較高。粒度大小、水分含量、和其它物理性性狀都和玉米乾酒粕的顏色有關，但是從飼料製造和營養的觀點，這些相關性的價值都很難評估。因此，筆者並不建議以顏色做為評估玉米乾酒粕品質唯一或最佳的指標。

評估玉米乾酒粕品質和價值更精準的指標？

對大部分的玉米乾酒粕的使用者而言，高品質的玉米乾酒粕是指營養成份和消化率高且沒有抗營養因子(如:黴菌毒素)存在。營養價值代表可消化營養份濃度和在飼糧中使用玉米乾酒粕取代部分其它原料所節省的成本或價值。這個"價值(value)"基本上並不同於購買玉米乾酒粕的"價格(price)"。玉米乾酒粕的市場價格通常建立在保證"蛋白質脂肪總量(ProFat level)"的基礎上，"蛋白質脂肪總量(ProFat level)"是指玉米乾酒粕的蛋白質和脂肪含量的總和必需保證不低於某一數值(例如:36%)。但是動物飼糧(尤其是豬和雞)配方的核算基礎是可代謝能(ME)和可消化胺基酸，而不是粗蛋白質和粗脂肪；因此，從飼糧成本的角度來看，可代謝能和可消化胺基酸較高的玉米乾酒粕的價值比較高；雖然不同玉米乾酒粕的"蛋白質脂肪總量(ProFat level)"相同，也用一樣的價格交易，但是根據可代謝能和可消化胺基酸含量，這些玉米乾酒粕的價值可能截然不同。

舉例來說，[表 3]列出五個不同來源的玉米乾酒粕，每個樣品都滿足"蛋白質脂肪總量(ProFat level)"保證成分 36%的要求；一般我們會認為"蛋白質脂肪總量(ProFat level)"最高的樣品的價值最高(樣品A和C)，但是如果依照VAST'S Illuminate[®] Service(<http://v-ast.com/services.htm>)的方法用每一個樣品的實際分析值來估算這些樣品的豬隻可代謝能、可消化胺基酸、和有效磷，結果和我們的預期並不相同。玉米乾酒粕的價值主要來自可代謝能的含量，五個樣品的可代謝能含量分佈從 2970 千卡/公斤(樣品C價值\$165 美元/噸)至 3540 千卡/公斤(樣品E價值\$215 美元/噸)；價值最高和最低的樣品每噸的差距是 50 美元，但是在市場交易時，我們付的可能是同樣的價格。假設玉米乾酒粕的品質等於其價值，那麼評估玉米乾酒粕品質就是運用目前已存在的"營養工具"來取得更精確的營養成分的輸入值，作更準確的飼料配方計算。

[表 3]五個粗蛋白質和粗脂肪含量不同玉米乾酒粕的價值比較。

樣品	A	B	C	D	E
乾物質，%	87.9	90.1	86.5	91.7	90.0
粗蛋白質，%	28.2	26.7	27.7	26.7	25.1
粗脂肪，%	11.4	9.9	11.5	10.6	11.2
粗蛋白質粗脂肪總量，%	39.6	36.6	39.2	37.3	36.3
可代謝能，仟卡/公斤	3070	3460	2970	3410	3540
可消化離胺酸，%	0.54	0.52	0.54	0.61	0.54
有效磷，%	0.67	0.50	0.62	0.56	0.64
估計價值，(美元/噸)	175	204	165	208	215

玉米乾酒粕的豬隻與家禽可代謝能的估算公式

因為不同來源的玉米乾酒粕營養成分的變異，加上準確預估可代謝能值對豬隻和家禽的飼糧配方經濟效益非常重要，所以許多研究人員進行玉米乾酒粕營養成分和可代謝能值的測定，並且發展出估算不同來源玉米乾酒粕在豬隻(Pedersen et al., 2007; Mendoza et al., 2010; Anderson et al., 2010)和家禽(Batal & Dale, 2006; Dozier et al., 2010)可代謝能值的預測公式，公式如下：

豬

$$\text{ME(Kcal/kg DM)} = (0.949 \times \text{GE, Kcal/kg DM}) - (32.238 \times \% \text{TDF}) - (40.175 \times \% \text{Ash})$$

$$r^2 = 0.95 \quad \text{SE} = 306 \quad (\text{Anderson et al., 2010})$$

$$\text{ME(Kcal/kg DM)} = 2815 + (94.5 \times \% \text{ crude fat}) + (96.2 \times \% \text{ crude fiber}) - (33.2 \times \% \text{ NDF}) - (66.2 \times \% \text{ ash}) + (25.9 \times \% \text{ starch})$$

$$r^2 = 0.90 \quad \text{SE} = 49 \quad (\text{Mendoza et al., 2010})$$

$$\text{ME (Kcal/kg DM)} = -10267 - (175.78 \times \% \text{ ash}) + (23.09 \times \% \text{ CP}) - (71.22 \times \% \text{ EE}) - (137.93 \times \% \text{ ADF}) + (3.036 \times \text{GE, Kcal/kg})$$

$$r^2 = 0.99 \quad (\text{Pedersen et al., 2007})$$

家禽

根據 13 個不同的玉米副產品：

$$\text{AME}_n, \text{Kcal/kg DM} = 3517 + (46.02 \times \text{crude fat}) - (82.47 \times \% \text{ ash}) - (33.27 \times \% \text{ hemicelluloses})$$

$$r^2 = 0.89 \quad \text{SE} = 191 \quad (\text{Rochelle et al., 2010})$$

只針對玉米乾酒粕：

$$\text{AME}_n, \text{Kcal/kg DM} = 2138 - (263.5 \times \% \text{ crude fiber}) + (566.3 \times \% \text{ ash}) \quad r^2 = .99$$

$$\text{AME}_n, \text{Kcal/kg DM} = 1278 - (19.7 \times \% \text{ TDF}) + (470 \times \% \text{ ash}) \quad r^2 = .99$$

(Rochelle et al., 2010)

以粗蛋白質、脂肪、纖維、和灰分含量預測玉米乾酒粕的家禽真可代謝能(TME)公式如下(Batal & Dale, 2006):

$$\text{TME}_n, \text{Kcal/lb} = 2439.4 + (43.2 \times \% \text{ crude fat}) \quad r^2 = .29$$

$$\text{TME}_n, \text{Kcal/lb} = 2957.1 + (43.8 \times \% \text{ crude fat}) - (79.1 \times \% \text{ crude fiber}) \quad r^2 = .43$$

$$\text{TME}_n, \text{Kcal/lb} = 2582.3 + (36.7 \times \% \text{ crude fat}) - (72.4 \times \% \text{ crude fiber}) + (14.6 \times \% \text{ CP}) \quad r^2 = .44$$

$$\text{TME}_n, \text{Kcal/lb} = 2732.7 + (36.4 \times \% \text{ crude fat}) - (76.3 \times \% \text{ crude fiber}) + (14.5 \times \% \text{ CP}) \quad r^2 = .45$$

ME = 可代謝能(仟卡/公斤 乾物質); GE = 總能(仟卡/公斤 乾物質)

AME_n = 家禽表面可代謝能(仟卡/公斤 乾物質)

TME_n = 家禽真可代謝能(仟卡/磅)

TDF = 總日糧纖維; NDF = 中洗纖維; ADF = 酸洗纖維;

Hemicellulose = 半纖維素; starch = 澱粉

EE = 乙醚萃取物; crude fat = 粗脂肪; CP = 粗蛋白質; ash = 灰分。

雖然這些公式提供了估計玉米乾酒粕可代謝能的機制，但在實際應用時仍然面對許多挑戰。首先，這些公式都未曾經過完整的動物試驗來驗證它的準確性。其次，部分公式在建立的過程所用玉米乾酒粕樣品的營養成分變異性不大，實務上用來估計差異很大的樣品組時準確度會受到影響。第三，某些公式中需要的養份分析項目是一般飼料廠試驗室不會例行檢驗(如:GE)或是成本很高的(如:TDF)，某些營養成分的測定(如:NDF)則因為不同的試驗室和分析方法而有潛在的分析變異。最後，某些公式中脂肪和纖維的調整和既有的觀念相反，例如：乙醚萃取物(脂肪)會增加可代謝能，粗纖維會降低可代謝能，但部份公式和這個既有的觀念剛好相反。

評估玉米乾酒粕胺基酸消化率的方法

在動物飼料中，可消化胺基酸是成本僅次於熱能的營養成分。很多個研究都

證實(Ergul et al., 2003; Batal & Dale, 2006; Fastinger & Mahan, 2006; Urriola, 2007)不同來源的玉米乾酒粕在豬和家禽飼糧中的可消化胺基酸含量有所差異，所以預測胺基酸消化準確度需要仔細評估。

豬

用粗蛋白質含量預測玉米乾酒粕離胺酸標準化迴腸消化率(standardized ileal digestibility, SID)並不準確，但是總離胺酸和活性離胺酸含量則是可用的好指標(Kim et al., 2010):

離胺酸 SID, % = $-0.482 + (1.148 \times \text{離胺酸分析值})$

或 離胺酸 SID, % = $-0.016 + (0.716 \times \text{活性離胺酸})$

離胺酸/粗蛋白質的比值可以做為估算玉米乾酒粕相對離胺酸消化率的指標，但是用來精準估算可消化離胺酸的含量並不準確(Stein, 2007)；換句話說，離胺酸/粗蛋白質的比值大於 2.8 的玉米乾酒粕是高消化率可以用於豬和家禽飼糧的原料。

家禽

Fiene et al. (2006)提出用粗蛋白質、粗纖維、和粗脂肪來估算玉米乾酒粕總胺基酸含量的公式，這個公式預測甲硫胺酸和息寧胺酸的準確度還不錯，但是預測離胺酸、精胺酸、胱胺酸、和色胺酸的效果並不好。Cromwell et al. (1993)發現玉米乾酒粕的酸洗不可溶含氮量和肉雞的生長速度與飼料換肉率成高度負相關。Novus International 開發的 IDEATM 測定法是預測玉米乾酒粕可消化離胺酸(家禽)的好指標，但對其它胺基酸的效果並不好。

評估玉米乾酒粕營養價值的商業化營養工具

IDEATM(固定式消化酵素測定法，Immobilized Digestive Enzyme Assay)是由 NOVUS International 開發用來估計蛋白質原料(玉米乾酒粕、黃豆粉等)在豬和家禽可消化胺基酸含量的工具。這個方法用在測定玉米乾酒粕胺基酸消化率(豬)的準確度正在被評估當中。這個方法用在預測家禽的可消化離胺酸準確度還不錯，但對其它胺基酸則不適用。

AMINORE[®] 是 Enonik 公司開發用來判定和評級受熱破壞的黃豆粉和玉米乾酒粕的試管測定(*in vitro*)方法，測定的結果以熱破壞指數(Heat Damage Indicator, HDI)表示，這個指數被用在 AMINORE[®] 中做為調整胺基酸消化率的工具。這個方法是否可以精確作為玉米乾酒粕在豬和家禽可消化胺基酸指標也正在評估當中。

Adisseo 在亞洲地區提供豬隻和家禽常用原料(玉米、豆粉、和玉米乾酒粕)的近紅外線光譜分析(Near Infrared Reflectance Spectroscopy, NIRS)服務。玉米、

豆粉、和玉米乾酒粕的一般近似分析成份、總胺基酸、可消化胺基酸及家禽表面可代謝能的檢量線都已經建立完成。

Illuminate[®] 是由 Value Added Science and Technology (<http://v-ast.com/services.htm>)特別針對估計玉米乾酒粕可代謝能、標準化胺基酸迴腸消化率、和有效磷；並且提供不同來源玉米乾酒粕對豬隻相對價值的比較。這個網站根據已發表的可代謝能預測公式、化學分析、和近紅外線分析檢量線評估約 100 美國酒精工廠玉米乾酒粕的結果，在網路上接受訂閱服務。

玉米乾酒粕價值計算工具

業界已經建立了好幾個玉米乾酒粕對禽畜飼養價值的計算工具，這些工具對決定玉米乾酒粕用在特定禽畜的實際經濟效益非常有用，在決定以現在玉米乾酒粕價格和其營養貢獻度是否比其它競爭原料更有經濟效益時，這些計算工具是不可或缺的。新近由愛荷華大學研究人員(Dahlke & Lawrence, 2008)發表的玉米乾酒粕價值計算工具全面性的包含各種飼糧和動物

(<http://www.matric.iastate.edu/DGCalculator>)。SEASAME

(<http://www.seasamesoft.com>)是由俄亥俄州大學的研究人員(Drs. Normand St-Pierre, Branislave Cobanov & Dragan Glamocic, 2007)開發的計算工具，用來協助禽畜業者做飼料原料的採購決策。另外，明尼蘇達大學(www.ddgs.umn.com)的網頁也特別針對豬隻收集了三個玉米乾酒粕價值的評估工具：

- 伊利諾州立大學玉米乾酒粕計算工具 - 由 Drs. Beob G. Kim 和 Hans S. Stein (2007 年 12 月)所建立。
- 玉米乾酒粕用於豬隻飼糧的成本計算工具 - 由南達克達州大學豬隻教育推廣專家 Dr. Bob Thaler 所建立(2002 年 9 月)。
- 玉米乾酒粕價值計算工具 - 由 Dr. Dean Koehler, Vita Plus Corporation, Madison, WI (2002 年 9 月)所開發。

黴菌毒素的檢驗

由於對黴菌毒素危害人體健康的顧慮，從 1960 年代就陸續開發許多檢驗食品和飼料黴菌毒素含量的方法。其中薄層分析法(thin-layer-chromatography, TLC)、酵素結合免疫吸附分析法(enzyme-linked immunosorbent assay, ELISA)、和以免疫反應為基礎的方法(immunosensor-based methods)通常用來做篩檢的工具；而高性能液相層析法(high-performance liquid chromatography, HPLC)搭配螢光反應檢測(fluorescence detection, FD)和質譜儀(mass spectrometry, MS)被用來做為進一步確認的參考分析方法(Krska et al., 2008)。但是因為現場需要快速、準確、且經濟實惠的檢驗方法，所以美國農業部的穀物倉儲裝運檢查管理局(Grain Inspection,

Packer and Stockyards Administration (GIPSA)核准了一些可以用在現場檢驗玉米乾酒粕黴菌毒素含量的快速檢驗套組([表 4]
<http://www.gipsa.usda.gov/GIPSA/webapp?area=home&subject=lr&topic=hb>)。這些檢驗套組適用於檢驗單一黴菌毒素，其中 4 種方法用於黃麴毒素，另外各有一種套組分別針對伏馬鐮孢毒素和玉米赤黴醇的檢驗。這些檢驗套組操作簡單，可以量化檢驗結果，便於在短時間內檢驗大量的樣品。

[表 4]適用於檢驗玉米乾酒粕黴菌毒素檢驗的套組(GIPSA 核准
<http://www.gipsa.usda.gov/GIPSA/webapp?area=home&subject=lr&topic=hb>)。

商品名	製造商	檢驗範圍	檢驗型式	粹取	Clean-up
黃麴毒素					
VeratoxAflatoxin	Neogen Corporation	5-50 ppb	Microtiter Well Plate Assay	Methanol/water (70+30)	ELSIA
Ridascreen FAST SC	R-Biopharm	5-100 ppb	Microtiter Well Plate Assay	Methanol/water (70+30)	ELISA
Aflatest	Vicam	5-100 ppb	Immunoaffinity Column	Methanol/water (80+20)	Affinity column
FluroQuant® AflaIAC	Romer	5-100 ppb	Fluorometry	Methanol/water (80+20)	Affinity column
伏馬鐮孢毒素					
AgraQuant TotalFumonisin 0.25/5.0	Romer	0.5-5 ppm	Direct Competitive ELISA	Methanol/water (70+30)	ELISA
玉米赤黴醇					
Romer® Zearalene	CharmSciences, Inc.	50-1000 ppb	Lateral Flow Strip	Methanol/water (70+30)	

參考文獻

Bhadra, R., K. Muthukumarappan, and K.A. Rosentrater. 2007. Characterization of chemical and physical properties of distillers dried grain with solubles (DDGS) for value added uses. An ASABE Meeting Presentation, Paper Number: 077009, 2007 ASABE Annual International Meeting, Minneapolis, Minnesota, 17 – 20 June 2007.

- Batal, A.B. and N.M. Dale. 2006. True metabolizable energy and amino acid digestibility of distillers dried grains with solubles. *J. Appl. Poult. Res.* 15:89–93.
- Cromwell, G.L., K. L. Herkelman, and T. S. Stahly. 1993. Physical, chemical, and nutritional characteristics of distillers dried grains with solubles for chicks and pigs. *J. Anim. Sci.* 71:679–686.
- DeRouchey, J. M., J. D. Hancock, R. H. Hines, C. A. Maloney, D. J. Lee, H. Cao, D. W. Dean, and J.S. Park. 2004. Effects of rancidity and free fatty acids in choice white grease on growth performance and nutrient digestibility in weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 82:2937–2944.
- Dibner, J. J., C. A. Atwell, M. L. Kitchell, W. D. Shermer, and F. J. Ivey. 1996. Feeding of oxidized fats to broilers and swine: effects on enterocyte turnover, hepatocyte proliferation and the gut associated lymphoid tissue. *Animal Feed Science Technology* 62:1–13.
- Ergul, T., C. Martinez–Amezcu, C. Parsons, B. Walters, J. Brannon and S.L. Noll. 2003. Amino acid digestibility in corn distillers dried grains with solubles. Presented at the 2003 Poultry Science Association Mtg., Madison, WI, July 2003. Available: www.ddgs.umn.edu/infopoultry.html. Accessed: January, 2011.
- Evans, R. J., and H. A. Butts. 1948. Studies on the heat inactivation of lysine in soy bean oil meal. *J. Biol. Chem.* 175:15–20.
- Fastinger, N.D. and D.C. Mahan. 2006. Determination of the ileal AA and energy digestibilities of corn distillers dried grains with solubles using grower–finisher pigs. *J. Anim. Sci.* 84:1722–1728.
- Ganesan, V., K. Muthukumarappan, and K.A. Rosentrater. 2008. Effect of moisture content and soluble level in physical, chemical, and flow properties of distillers dried grains with soluble (DDGS). *Cereal Chem.* 85:464–740.
- Harrell, R. J., J. Zhao, G. Rexnik, D. Macaraeg, T. Wineman, and J. Richards. 2010. Application of a blend of dietary antioxidants in nursery pigs fed either fresh or oxidized corn oil or DDGS. *J. Anim. Sci.* 88(E–Suppl. 3): 97–98 (Abstr.).
- http://en.wikipedia.org/wiki/Color_in_Chinese_culture
- <http://hubpages.com/hub/The-significance-of-the-colors-red--gold-in-Chinese-culture>
- <http://v-ast.com/services.htm>
- http://webdesign.about.com/od/colorcharts/l/bl_colorculture.htm
- <http://www.gipsa.usda.gov/GIPSA/webapp?area=home&subject=lr&topic=hb>
- Kingsly, A.R.P., K.E. Ileleji, C.L. Clementson, A.Garcia, D.E. Maier, R.L. Stroshine, and Scott Radcliff. 2010. The effect of process variables during drying on the physical and chemical characteristics of corn dried distillers grains with solubles (DDGS) – Plant scale experiments. *Bioresource Technology* 101:193–199.
- Klopfenstein, T. and R. Britton. 1987. Heat damage . Real or Artifact. In: *Dist.Feed Conf. Proceedings.* 42:84–86.
- Krska, R., Schubert–Ulirich, P., Molinelli, A., Sulyok, M., MacDonald, S. and Crews, C. (2008). Mycotoxin analysis: An update. *Food Additives and Contaminants* 25(2): 152–163.

L'Estrange J. L., K. J. Carpenter, C. H. Lea, and L. J. Parr. 1967. Nutritional effects of autoxidized fats in animal diets. 4. Performance of young pigs on diets containing meat meals of high peroxide value. *Br. J. Nutr.* 20:377–392.

Liu, K. 2008. Particle size distribution of distillers dried grains with solubles (DDGS) and relationships to compositional and color properties. *Bioresource Tech.* 99:8421–8428

Liu, P., L.W.O. Souza, S.K. Baidoo, and G.C. Shurson. 2011. Impact of DDGS particle size on nutrient digestibility, DE and ME content, and flowability in diets for growing pigs. *J. Anim. Sci.* (abstract).

Martinez–Amezcu, C. and C. M. Parsons. 2007. Effect of increased heat processing and particle size on phosphorus bioavailability in corn distillers dried grains with solubles. *Poultry Science* 86:331–337.

Noll, S., C. Parsons, and B. Walters. 2006. What's new since September 2005 in feeding distillers co-products to poultry. *Proceedings from the 67th Minnesota Nutrition Conference & University of Minnesota Research Update Session: Livestock Production in the New Millenium*, St. Paul, MN. pp. 149–154.

Pahm, A.A., C.S. Scherer, J.E. Pettigrew, D.H. Baker, C.M. Parsons, and H.H. Stein. 2009. Standardized amino acid digestibility in cecectomized roosters and lysine bioavailability in chicks fed distillers dried grains with solubles. *Poul. Sci.* 88:571–578.

Roberson, K. D., J. L. Kalbfleisch, W. Pan and R. A. Charbeneau, 2005. Effect of corn distiller's dried grains with solubles at various levels on performance of laying hens and yolk color. *Intl J. Poultry Sci.* 4(2):44–51.

Rochell, S.J., B. J. Kerr, and W. A. Dozier, III. 2010. Energy determination of corn co-products fed to broiler chicks from fifteen to twenty-four days of age and use of composition analysis to predict AMEn National ASAS/PSA meeting Denver.
Rosentrater, K.A. 2006. Some physical properties of distillers dried grains with soluble (DDGS). *App. Eng. Agric.* 22:589–595.

Sauvant, D. and G. Tran. 2004. Corn Distillers. Page 118 in: *Tables of composition and nutritional value of feed materials*. D. Sauvant, J.M. Perez, and G. Tran ed. Wageningen Academic Publishers. The Netherlands.

Song, R., A. Saari Csallany, and G. C. Shurson. 2011. Evaluation of lipid peroxidation level in corn dried distillers grains with solubles (DDGS). Presented at the Midwest ASAS/ADSA meeting, March, 2011. *J. Anim Sci.* e-suppl. (abstract).

Stein H. H., M. L. Gibson, C. Pedersen, and M. G. Boersma. 2006. AA and energy digestibility in ten samples of distillers dried grain with solubles fed to growing pigs. *J. Anim. Sci.* 84: 853–860.

Stein, H. H. 2007. Distillers dried grains with solubles (DDGS) in diets fed to swine. *Swine Focus* No. 001. Univ. of Illinois, Urbana–Champaign.

Trucksess, M.W. (2000). Natural Toxins. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 17th Edition. Chapter 49, 1 – 2.

Urriola, P.A. 2007. Digestibility of Dried Distillers Grains with Solubles, In vivo Estimation and In vivo Prediction. M.S. Thesis. University of Minnesota.

Whitney, M.H., M.J. Spiehs, G. C. Shurson, and S. K. Baidoo. 2001. Apparent ileal amino acid digestibility of corn distiller's dried grains with solubles. Available: <http://www.ddgs.umn.edu/articles-swine/2002-Spiehs-%20Apparent%20ileal%20amino.pdf> Accessed Jan. 7, 2011.