

高脂肪原料的可代謝能值之歸屬

Assigning Metabolizable Energy Values to High Fat Ingredients

By Dr. Julian Wiseman, University of Nottingham
Faculty of Agricultural and Food Sciences
Sutton Bonington, Loughborough, Leics LE11 2RA, U.K.

許振忠 教授 譯

前言(Introduction)

在人口主要的消費比例分配中，家禽以肉和蛋的形式提供高品質蛋白質顯得越來越重要。然而，如果要使畜群在生長性能方面令人滿意，則必須在生產狀況能準確掌握之下才可，這些有可能要針對基因型、環境、健康狀況及飼糧能量和營養的供應觀點討論，其目的皆是為使生物進行有效地生產。家禽集約式飼養常以餵飼高營養及高能量的飼糧，並使用高品質的原料來符合其營養需要。在混合飼料配方之發展，重要的是在於有更多可利用原料營養價值相關詳細資訊做為飼糧調配之用，特別是在相同名稱的原料及其製造過程的影響，本文討論將可提供脂質、油脂(產能的原料)及油籽萃取成油脂(提供產能原料及蛋白質)之資訊，其最為人知的例子就是全脂大豆做為家禽飼糧的原料。試圖改進飼糧配方的精準度，其重點就須著重於複雜的原料特性上。

脂肪與油 (Fats and Oils)

在非反芻動物的混合飼料配方中添加脂肪及油是重要的，且在飼料工業裡已變成一種固定形式，通常認為脂肪及油產生較碳水化合物高約 2 到 2.5 倍能量。且脂肪及油在飼糧能量產生數值方面其變異較少，這是脂肪酸組成及三酸甘油脂之化學

結構所造成的結果，然而有相當多與脂肪有關的誤解，像是難以去描述任何與其營養價值有關的穩定結論。

在飼料工業裡精確的線性模式可增加信賴度，這是必須仰賴可利用原料的營養價值相關之組成，特別是相當多像是最昂貴的飼料成分中之能量值，在此討論家禽飼料中以脂肪及油做為飼料的能量值。

脂肪的飼糧能量值 (Dietary Energy Value of Fats)

雖然在脂肪中有潛在的高產能特性，事實上在不同的脂肪及油之間的飼糧能量值具有相當大的變異程度，這是由於不同化學結構的比例，及包括家禽年齡及脂肪之間可能的相互影響所致。

禽類的年齡 (Age of Bird)

通常幼禽無法有效地利用脂肪，顯然這是由於缺乏膽汁生成的關係，不過隨著年齡的增加，其脂肪利用率亦會隨之上升。而脂肪的化學性質會影響不同年齡的禽類對脂肪的利用率，因此，年幼的禽類利用不飽和脂肪酸的脂肪，較富含飽和脂肪酸的脂肪高。然而，雖然此主題曾在多種情況下被研究過，但年齡與脂肪結構對家禽飼糧能量值的影響之有系統評估仍缺乏。

Wiseman 和 Salvador(1989)以此為主題進行測定。他們選用兩種脂肪為研究材料，一種是牛油，一種是植物油（如此相當於商業情況裡的極端飽和和不飽和，在下一段會說明考慮到程度不一的飽和程度），他們將 5%的動、植物油各別加入飼糧中，分別在白肉雞 1.5 週齡、3.5 週齡、5.5 週齡以及 7.5 週齡時做評估。圖 1 顯示出兩種脂肪的表面代謝能(AME)數據。此數據指出：隨年齡增加，AME 值亦會逐漸上升，特別是添加牛油的那組，在 1.5 週齡到 3.5 週齡時，其 AME 值大幅上升。此研究的結論與早些時候的研究皆顯示出禽類年齡對於脂肪評價的重要性。這裡測得兩種脂肪在 7.5 週齡的 AME 值，與 1987 年 Wiseman 和 Lessire 使用兩種類似的脂肪，以成年公雞來做實驗所測得的數據相近。

脂肪的化學結構 (Chemical Structure of Fats)

飼糧中加入自某些特定的東西或是從油籽中提煉出來的脂肪和油，包含有三酸甘油酯以及游離脂肪酸。脂肪消化後會產生這兩種組成的混合物，多數的脂肪混合物是由相異的脂肪酸組成，但一般來說，脂肪內的不飽和脂肪酸的含量越高，在家禽飼糧的能量值越高(e.g. March 和 Biely, 1957)。更多近期的研究試著量化脂肪混合物中飽和脂肪酸及不飽和脂肪酸比例之影響。在圖 2 顯示，當比例從 1(例如在牛油可見)增加至 2.1 時，飼糧能量值大幅度地增加（圖 2 亦證實了年齡的影響），再增加則改進量大幅降低(Wiseman 和 Lessire, 1987)。

脂肪更進一步重大的化學可變因素是混合物中之游離脂肪酸(Free fatty acids, FFA)的比例。脂肪使用於動物飼養經常是利用一些大量產物的混合物，而這些產物也許是從提煉工業中含有能產生高量 FFA 的副產物而來。許多的研究已經證實 FFA 含量對脂肪的飼糧能量值有影響，通常是藉由比較

所對應酸的油脂(FFA 含量較高)而得知。已獲得高含量 FFA 與低日糧能量值有所關聯的一般性結論(e.g. Renner 和 Hill, 1961; Young, 1961)。較近的研究(Shannon, 1971)指出，增加牛油 FFA 含量會逐漸地減少 AME 值。

然而 FFA 變異對 AME 值之影響仍未被廣泛地研究。另一方面，顯示對 FFA 含量的供應可能受到脂肪飽和程度之影響。因此，一系列的試驗設計來評估增加三種脂肪不飽和作用之影響。三種脂肪為棕櫚油、牛油及大豆油，其 FFA 含量分別為 57.5g/kg、138.4g/kg 與 14.4 g/kg，相對應個別酸的油之 FFA 含量分別為 917.5g/kg、952.1g/kg 與 683.4g/kg(Wiseman 和 Salvador, 1991)。脂肪調整為含中等 FFA 之混合物，並以肉雞評估。其結果列示於圖 3 與圖 4，分別代表年輕和年老雞隻。由此可以看出當增加 FFA 含量則飼糧能量值會逐漸下降，但並未出現與不飽和程度的交互作用(如 Wiseman 和 Salvador 和 Craigon, 1991 年所做之進一步評估)。

脂肪表面代謝能的預估 (Prediction of AME of Fats)

未加工原料能量值的預估，會隨著受測原料化學組成之不同而有所變化，故要預估未加工原料之能量值的回歸方程式，不論是以線性方程式或多次方程式都相當複雜。取得飽和程度與個別飽和及不飽和脂肪酸值相當重要，這些數據使我們可以預估飼糧能量及總脂肪酸的可利用率(e.g. Young and Garrett, 1963; Sibbald and Kramer, 1977; Halloran and Sibbald, 1979)。然而，這些研究報告極少成功，在所有可能的結果中，需根據經驗從中選擇較有可能的。因此依賴此種評估，如使用碘值為唯一極限的數值，雖然它可用來評估總脂肪酸中的不飽和程度。但目前尚未找到碘在生物上的直接關聯性，也許重要的是會混淆這些數據所能提供

不同有用的資料，其資料具有相同利用程度的所有可能性結果(例如亞麻油酸和次亞麻油酸)。

Nottingham 大學採用的方法是以研究飽和對不飽和脂肪酸的比例所得的資料為基礎(Wiseman and Lessire, 1987; Wiseman and Salvador, 1989)與考慮游離脂肪酸含量之影響，而得到 31 個數據(Wiseman and Salvador, 1991; Wiseman *et. al*, 1991)。此兩種變數加上年齡為研究的三個因子，顯示表面代謝能對飽和/不飽和脂肪酸之反應如預期，並進一步將游離脂肪酸含量的影響併入，然後產生預估方程式。所有各游離脂肪酸的含量與年齡間的相互關係列示於圖 5。

接下來較大的課題在於未考慮這些脂肪之飽和脂肪酸的碳鏈較目前所研究的為短，所衍生出來一些應用上的問題。因此，以混合物中飽和脂肪酸的性質為基礎，進一步改良預估方程式。在已知的知識中，大家公認飽和脂肪的碳鏈長度對於脂質消化與吸收扮演著重要的角色。因此，棕櫚酸(Palmitic)及硬脂酸(Stearic)（分別為 C16:0 及 C18:0）的可消化利用率低於短鏈飽和脂肪酸(C12:0 及 C14:0)。Wiseman 及 Blanch(1994)在實驗中測試椰子油及棕仁油（含高度飽和之 U/S 比 0.07，但屬短鏈的飽和脂肪酸）的混合物及其水解產物（具有較高的游離脂肪酸含量）。

試驗結果列於圖 6。預測的表面代謝能量值以混合物中實際測得值為基礎，其不飽和/飽和脂肪酸比例分別為 0.1、1.0 及 6.0。分析混合物中脂肪酸成分，結果非常明顯地：肉豆蔻酸(Myristic acid, C14:0)表現類似棕櫚酸(Palmitic)及硬脂酸(Stearic)，但短鏈飽和脂肪酸表現類似不飽和脂肪酸。

在有空氣存在下之加工過程常運用加熱，最後使脂質成為較不穩定的原料。高溫會使脂質結構大幅改變，隨著結構的變化也使它營養效果跟著改變(Wiseman 1986)。其影響程度，從稀釋飼糧能量

(Wiseman, Edmunds and Shepperson, 1992)至可能會干擾其他營養素的消化吸收。嚴重破壞的油脂甚至具有毒性。

必需脂肪酸 (Essential Fatty Acids)

除了提供高飼糧能量外，脂肪和油也是必需脂肪酸的重要來源。不飽和脂肪酸在特定位置上具有雙鍵。亞麻油酸在家禽被視為可能是最重要的。不飽和脂肪酸通常有較好的吸收，所以是好的飼糧能量來源。常難以證實的是，增加飼糧中亞麻油酸含量之正面效果，是由於增加必需脂肪酸或是增加能量的攝取。

有許多研究探討產蛋雞對不同亞麻油酸攝取量的反應，但就某方面而言，難以區分亞麻油酸、飼糧脂肪和飼糧能量的效應。許多在飼糧中補充亞麻油酸來提升任何產蛋效益的研究，被視為是不可行的。然而，以蛋的大小為效益的話，可使用能立刻被消化的脂肪來改進。事實上，就此方面而言，亞麻油酸是飼糧能量特別有用的來源。

進一步研究此問題 (Whitehead, 1984)，以四種不同的蛋雞飼糧，各添加油 0、4、30、30g/kg，並分別含 6.1、8.8、8.7、22.8g/kg 的亞麻油酸。所有飼糧均為相同熱量，且所有營養分均充足。主要結果列如表 1，結果顯示，兩種含有高量油的飼糧，相較於少或沒有添加油脂的處理組，前者蛋較大。然而，飼糧中含有 30g/kg 橄欖油(供給 8.7g/kg 的亞麻油酸)，與等量玉米油(相當於給予 22.8g/kg 的飼糧亞麻油酸含量)的飼糧，其結果相似。推測這是因為蛋黃中的脂質含量很高，易吸收的飼糧脂質會直接累積於蛋黃中，如此會增加蛋的大小及其重量。

來自這些測定值的結論是，產蛋雞似乎不需要在飼糧中特別補充高於 9g/kg 的亞麻油酸。然而在短期間此值或許過低，假使母雞已使用非常缺乏亞

麻油酸的飼糧飼養，欲增加蛋的大小，可採用高飼糧含量之任何易吸收的脂肪酸(並非僅亞麻油酸)，這可能是由於飼糧脂肪可直接吸收並進入蛋黃脂質中，或是飼糧脂肪作為能量原料。

全脂大豆 (Full Fat Soybean)

大豆顯然是世界上最重要的油籽作物，而且種植提供工業和農業使用。如同動物飼料，傳統上萃取過的油籽餅廣泛地當成高蛋白粕使用。然而，現今則是大量使用未萃取的種子(全脂大豆粉，FFSBM)，結合了蛋白質餅以及與因含油的高飼糧能量值，在家禽營養為價值極高的原料。

化學組成 (Chemical Composition)

一般成分分析(如表 2)僅是任何未經加工之原料的營養數值指南，因此 FFSBM 的蛋白質含量(通常每公斤含有 380 公克)並未給予任何更為準確的胺基酸數據。家禽對於某些需存在於飼料成分中之必需胺基酸有特定的需求量，其中不只是胺基酸的品質上須注意，胺基酸彼此間的比例平衡也是相當重要的。因此，理想蛋白質之概念衍生而出，而其定義為在質與量上均須供應符合家禽胺基酸的需求。理想的家禽胺基酸平衡列表 3 所示，並有全脂大豆蛋白質表列其中參與比較。由表中之分析結果可知，FFSBM 對家禽來說其胺基酸組成相當的平衡，惟在成分組成的相對比例上，甲硫胺酸仍顯缺乏。但在飼料製造上，人工合成的甲硫胺酸廣泛地添加使用，則可以彌補此一不足。

FFSBM 的含油量很高，每公斤可達 200 公克。大豆油具有高量不飽和特點，且含有較高的潛在飼糧能量值，其在年長家禽的 AME 數值為 38MJ/kg (9080kcal/kg)；在年輕家禽的 AME 數值為 37MJ/kg (8840kcal/kg)。因此 FFSBM 的 ME 數值應該也能反映出此一情況。此外，每公斤

的大豆油約含有 500 公克的亞麻油酸(如表 4)。亞麻油酸是家禽的必需脂肪酸。

營養分之可利用率 (Nutrient availability)

總化學成分組成是 FFSBM 營養數值有用的參考指南，特別是每一批原料彼此間有些許差異時。因此需注意的是原料品質的維持，並以與實驗分析來監控是否品質有顯著的變異。

然而營養分的可利用率對家禽有絕對的重要性。而未經加工的 FFSBM 含有一些天然存在的毒性物質，這些物質會妨礙其他營養成分的可利用率。

抗營養因子 (Anti-Nutritive Factors)

這些抗營養因子的成分會妨礙營養分的吸收、可利用率與代謝。且這些抗營養活性因子大量地普遍存在於植物界當中，是一些天然存在於植物體內的成分。其所產生的生物性影響，即使所攝入量相當微量，但是輕則會造成動物體生長輕微下降，重則會導致死亡。造成的原因與真相相當複雜，在不同的物種、動物或家禽的年齡皆有不同的反應，而各種的抗營養因子來自於不同植物，儘管同名也可能有不同的生物活性反應。

從最新的分析化學發展中指出，即使在一開始這些分子具有相似的活性形式與穩定的結構，但仍然有相當大的複雜性存在於這些分子之間，而在不同實驗室所做的不同研究成果，也使得這項學問成了一項非常複雜的主題，其鑑定方式是依照這些抗營養因子在飼糧中所造成的生物反應結果而定。另一方面，很多不同的因子顯然也同時存在於相同的未加工原料當中，而致使難以區分它們的影響。最後，在生長中易受周圍環境影響的植物，測定這些抗營養因子的含量是重要的。故本節之目的在測定

FFSBM 的主要抗營養因子，且比較與其他可能應用於家禽飼料之豆類的抗營養因子濃度。

蛋白酶抑制因子 (Protease Inhibitors)

豆科植物含有相當多量的蛋白酶抑制因子，而單寧酸在 FFSBM 含量不高則含有抗蛋白酶活性物，在一般的狀況下，抗蛋白酶活性物會干擾多數酵素的功能，蛋白酶抑制因子具有專一性，特別是對胰蛋白酶及胰凝乳酶之作用。濃度介於 0.15~10.3 (每毫克豆中之酶單元含量)已被報導為胰蛋白酶抑制因子的含量，而 0.74~10.24 為凝乳酶抑制因子含量。蠶豆的含量普遍偏低，而生大豆中的含量則明顯比其他二者高(表 5)。

飼糧中含有蛋白酶抑制因子，會降低蛋白質的消化率，且由於生物體內企圖作補償動作的關係，將會使胰臟增大。然而，這些抑制因子的作用模式尚未完全了解。Rackis(1974)提出了一個關於胰蛋白酶抑制因子阻礙生長的可能原因，除了蛋白質消化率降低以外，亦促進胰臟消化酵素之合成，這些酵素之含硫胺基酸相當高。當豆科植物內的蛋白質缺乏這些胺基酸時，無法滿足動物營養需要，使得動物身體狀況變糟。且胰蛋白酶可促進其他蛋白酶的分泌，若胰蛋白酶自身被抑制而作用受阻，則蛋白質消化作用亦會被干擾。

植物血球凝集素 (Phytohaemagglutinins)

植物血球凝集素為凝集紅血球細胞的化合物，其中的化合物群稱為 **lectins**。在純度很高的狀態下，這些凝集素非常毒，若注射至動物體內會導致動物立即死亡，當禽類攝入凝集素時，會對生長性能有嚴重的影響。**lectins** 只有一個結合位，因此不會凝集紅血球細胞，但會和其他部位結合，如腸壁，它會破壞消化道黏膜，並且干擾營養分的吸收。

當有其他抗營養因子存在時，化學分析凝集素便失去足夠的靈敏度來偵測不同程度不同來源之生物反應的嚴重性，特別是像凝集活性被廣泛的使用在辨識他們。如上所述 **lectins** 雖沒有此特性，但仍然是很重要的抗營養因子。不同豆類中血球凝集素濃度列示於表 6。

加工過程 (Processing)

特別需要考慮以上所敘述的抗營養因子之移除或失活，是假設其存在於高含量的狀況之下。當然如果其含量相當的低，這個加工過程就不是那麼重要。可惜目前並沒有相關的抗營養因子安全量精確的計算，如原料含量相當低，則從加工當中所得到的利益，可能不會顯現，例如像豌豆，其蛋白酶抑制因子的量通常很低，不會影響其營養價值，然而，有時某些豌豆卻含有高量的蛋白酶抑制因子，則加工就相當重要，因此與抗營養因子含量及加工前這些因子影響之準確資料就相對地變的非常重要。有許多因原始樣品含有不同量之抗營養因子，而使加工之影響不同，然而原料如全脂大豆，在配家禽飼料之前，均經加工，雖其量相當高，但所造成的問題亦不會增加。經由測定抗營養因子本身含量或間接測定加熱程度（如酚紅）來評估加工之效益常被使用。生物測定(包括生長率、生長性能及能量值)是最敏感的，但這很花費時間且在動物飼料工業之品質控管價值低。因此建議以實驗室測定，例如豆科植物經由加工處理後所含有的抗營養因子含量。另外間接化學測定方面，如全脂大豆產品之脂肪可利用率的營養價值評估。根據現在這些所提出的論點，於此說明加工在提高營養價值所扮演的角色。

全脂大豆粉的加工 (Processing of FFSBM)

大豆原料中的蛋白酶抑制因子含量的差異很

大，所以非反芻獸的飼料原料會將加工過程考慮進去，如果考慮使用未萃取形式的豆類原料，那麼，在另一個加工目的是提供可利用的油。在過去幾年，相當多的資訊顯示；不同加工方法的功效。一般的結論是沒有一個技術是優於另一個的，這是因為許多變異性和加工有關，主要是包括溫度、時間和濕度含量的變異性，如果所有的目標都能藉由單一加工過程(像是壓擠)來達成，那麼，這在理論上應該是最有效的處理方法(見表 7)。

全脂大豆粉加工過程的更進一步作用，是提供動物或禽類可利用的油脂。非反芻獸不咀嚼食物，且缺乏消化細胞壁的酵素，在細胞壁中含有油脂，因此，物理性加工過程對於生產高能量值之飼糧是很重要的，有許多處理全脂大豆粉的物理方法，包括如壓擠，為熱處理的其中一個部分。另一方面，對大豆不會產生許多物理性傷害之熱處理，如滾動(rolling)、磨碎(grinding)和打粒(pelleting)，是一般飼料製造的一部分，而不應用在全脂大豆粉的特殊加工過程。這些結果印證其他研究顯示全脂大豆粉經物理加工過程對其油脂及營養分的可利用性之優點(e.g. Kan *et al.*, 1986)。

然而，使用其他以簡單加熱或結合物理處理的加工技術，也有可能使產品達到相同的品質，由表 8 的資料可以得到證實。另外，飼糧的處理可能也會改變大豆的營養價值(見表 9)，加工不應被用來和日常營養價值的資料做比較。許多變異性很明顯地和每一加工有關，包括在加熱過程(像是壓擠)或是烹煮之前或是之後(像是製片、磨碎和滾壓)的溫度、時間、溼度及物理性傷害的程度。最後，比較不同產品的 AME，應以乾物質(DM)為基礎，乾物質含量的變異性可能是很大的。

適當的加工 (Adequacy of Processing)

雖然全部破壞抗營養因子的含量，亦顯示產品蛋白質品質也遭受破壞，但如上述，適當加工之測定可以簡單地由存在於大豆樣品的胰蛋白酶活性來評估。過度的加熱會使蛋白質變性，因而使得胺基酸利用效率降低。此外，必須體認消化和隨後的利用是完全不同的兩回事。因此，輕微地熱破壞蛋白質是不會對消化率造成太大影響的，除非是破壞的相當嚴重。另一方面，可吸收的胺基酸利用率可能會因為過度地對原始蛋白質加熱而減少，這是因為與其它分子產生複雜的形式，而降低胺基酸的利用效率。

依照傳統的經驗，預期破壞大約 90 到 95% 的蛋白酶抑制因子以獲得適當的營養數值(圖 7)。也可應用間接測試，例如酚紅的測試。是否加工過度，可由超過約 4 來顯示破壞而建立指標(見圖 8)。

油脂利用率的評估在實驗室中較難完成。此可應用石油醚萃取油脂量對醚類與酸類的水解作用回收之比例得知。而這是基於假定前者僅萃取可為動物利用的油脂，但後者是萃取所有油脂。使用此方法僅有極少數成功案例報告(表 10)，可能必須強調的是使用萃取之時間是重要的。

結論 (Conclusions)

本討論的焦點是針對家禽飼糧中高能原料的精準 AME 數值之重要性。相同原料樣品間營養數值的變異，這在飼料配方並不一定是主要的問題，但缺乏此種變異的評價會降低飼糧配方的效率。

Table 1. Influence of Dietary Oil and Linoleic Acid on Laying Hen Performance.

	Laying Diet				
	1	2	3	4	
Added Oil (g/kg)	0	4	30	30	
Linoleic Acid (g/kg)	6.5	8.8	8.7	22.8	
Egg Production (number/100 bird days)	77.9	78.5	78.1	77.3	NS
Egg Weight (g)	56.7	57.3	58.8	59.2	*
Egg Weight/bird/day (g)	44.2	44.9	45.9	45.8	***

Whitehead 1984

Table 2. Proximate Analysis of Full Fat Soybean Meal (FFSBM).

Dry Matter (g/kg)	900
Crude Protein (g/kg DM)	390
Oil (g/kg DM)	195
Crude Fibre (g/kg DM)	65
Ash (g/kg DM)	50

Table 3. Amino Acid Balance in Full Fat Soybean Protein Compared with the 'Ideal' Balance Required by Poultry. Figures Relative to Lysine (100).

Amino Acid	FFSBM Protein	'Ideal' Protein (Starter)
Lysine	100	100
Methionine + Cystine	49	76
Threonine	61	63
Tryptophan	20	17
Leucine	120	126
Isoleucine	75	72
Valine	75	79
Histidine	40	40
Phenylalanine + Tyrosine	136	121
Arginine	121	108

Boorman and Burgess 1986

Table 4. Fatty Acid Profile of Soybean Oil.

Major Fatty Acid	(g/kg Oil)
C16:0 (Palmitic)	105
C18:0 (Stearic)	40
C18:1 (Oleic)	250
C18:2 (Linoleic)	520
C18:3 (Linolenic)	70

Table 5. Protease Inhibitor Content of Legumes (Units of Enzyme Inhibited/mg).

	Trypsin Inhibitor Activity			Chymotrypsin Inhibitor Activity
	Whole	Hull seed	Cotyledon	Whole seed
Faba Beans ^a	3.3-6.2	0	6.9	
Winter	4.1			
Spring	4.5			
Faba Beans ^b	1.41-1.56			0.38-0.77
Peas ^a	2.9-10.8	0.6	7.8	
Peas ^a				
Winter Smooth	10.3			
Winter Wrinkled	7.9			
Spring Smooth	4.9			
Spring Wrinkled	2.7- 3.7			
Peas ^b				
Smooth	0.15-1.07			0.74- 3.86
Wrinkled	0.66-4.62			2.44-10.24
Raw soybean meal ^a	59.4			

^a Valdebouze *et. al* (1980), data on dry matter basis.

^b Griffiths (1984), data on fresh weight basis.

Table 6. Phytohaemagglutinin Content of Legumes (Expressed As Units/Mg Determined with Rabbit Red Blood Cells).

Faba Beans	25 - 100
Peas	100 - 400
Raw Soybean Meal	1600 - 3200

Valdebouze *et. al* (1980)

Table 7. Apparent Metabolizable Energy (AME) and Nitrogen Retention (NR) of Processed FFSBM.

Process for FFSBM	AME (MJ/kg) (2.5wks)	(kcal/kg)	NR (%)
Wet Extrusion	17.9	(4278)	54
Dry Extrusion	17.4	(4159)	59
Micronized	15.4	(3681)	48
Jet-Sploded	14.7	(3513)	61
Toasted	15.6	(3728)	57
Raw	13.5	(3227)	30

The data indicate that a considerable difference in nutritive value for FFSBM may be obtained for young poultry according to the process that is employed. However it is important to appreciate that the conditions operating for each process may be changed such that the figures above are only specific to the sample analyzed and are not a general guide to differences between processes. Furthermore, data are on an 'as fed' basis. The considerable variability between dry mater contents possible means that true comparisons should be on this basis.

Table 8. Influence of Physical Treatment Following Heat Processing on the Apparent Metabolisable Energy Value of FFSBM.

Process for FFSBM	AME (MJ/kg) 2.5 wks	(kcal/kg)
Cooking	14.0	3346
Cooking, pelleting, grinding	15.7	3752
Cooking, flaking, grinding	15.1	3609
Cooking, flaking, pelleting, grinding	15.7	3752

The results illustrate that further physical processing of FFSBM following heat treatment may improve AME values, possibly by increasing oil availability.

Table 9. Influence of Physical Treatment Applied to the Whole Diet Containing FFSBM on the Apparent Metabolisable Energy Value (AME) of FFSBM.

Process for FFSBM	AME (MJ/kg 2.5 wks)	
	Process for Whole Diet Containing FFSBM None	Pelleted/Ground
Heated	14.4 (3442 kcal/kg)	15.1 (3609 kcal/kg)
Heated, pelleted	15.5 (3705 kcal/kg)	15.3 (3657 kcal/kg)
Extruded	16.0 (3824 kcal/kg)	14.4 (3442 kcal/kg)
Toasted	15.1 (3609 kcal/kg)	15.2 (3663 kcal/kg)

It is evident that further processing of the whole diet containing FFSBM may alter the nutritive value of FFSBM.

Table 10. Relationship Between Oil Availability Determined in the Laboratory and with Chicks.

Treatment of Full Fat Soybeans	Oil Availability	
	1 Hr. Petroleum Ether	Chicks
Flaked	99.5	92.8
Ground	86.5	77.0
Ground	88.9	81.0
Extruded	98.6	87.0
Ground	86.1	68.0
Ground/Pelleted	92.6	78.0

Crew *et. al*, 1962

Figure 1. Influence of Age on AME of Fats.

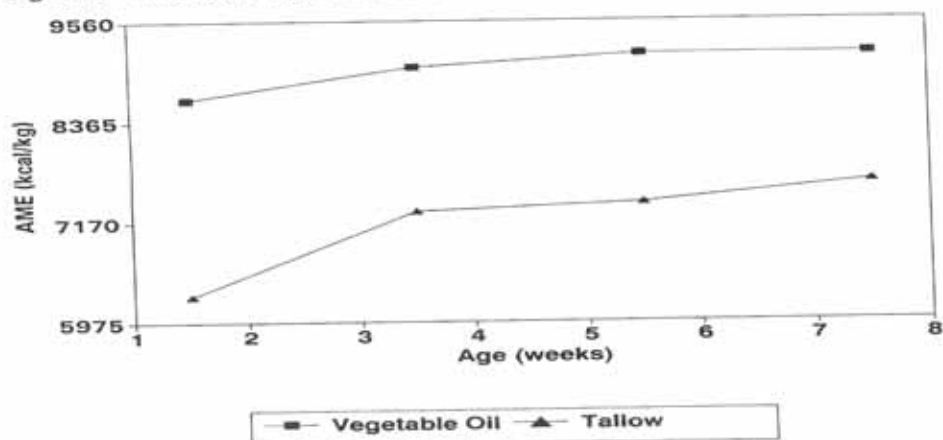


Figure 2. Influence of U/S on AME. Effect of Age.

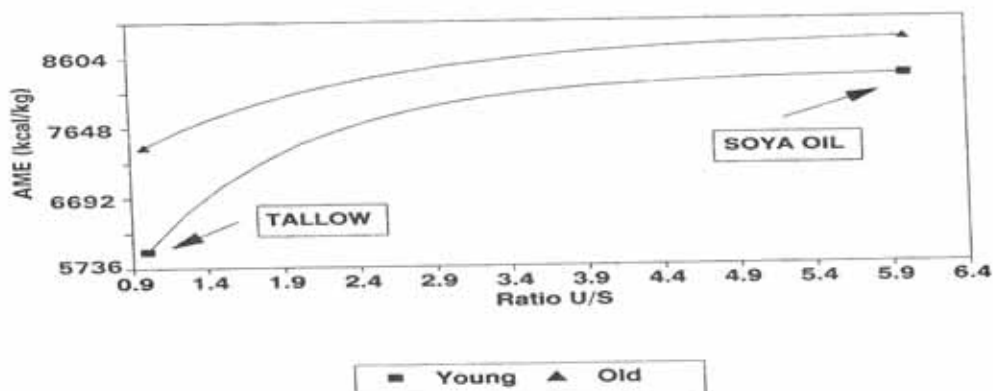


Figure 3. Influence of FFA on AME of Fats in Young Birds.

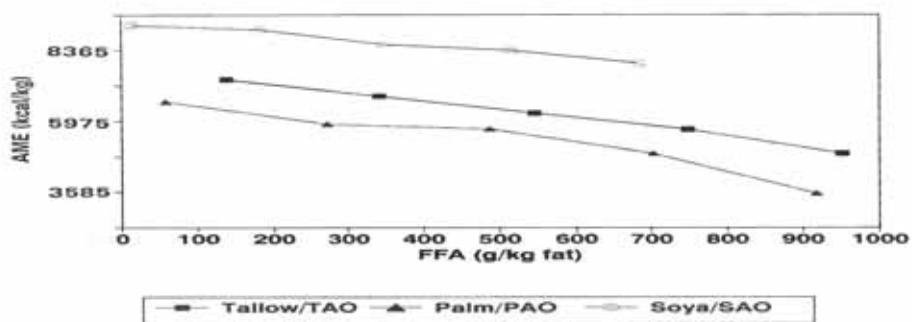


Figure 4. Influence of FFA on AME of Fats in Old Birds.

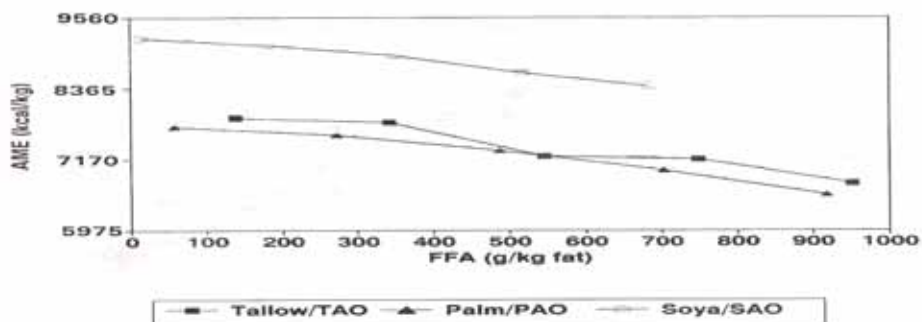


Figure 5. Influence of U/S and FFA on Fat AME in Young and Old Birds.

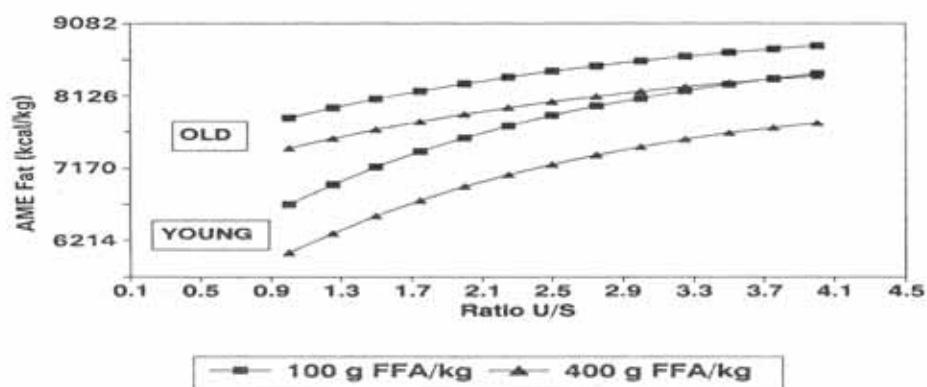


Figure 6. AME Coco/Palm Kernel Oil - Young Birds.

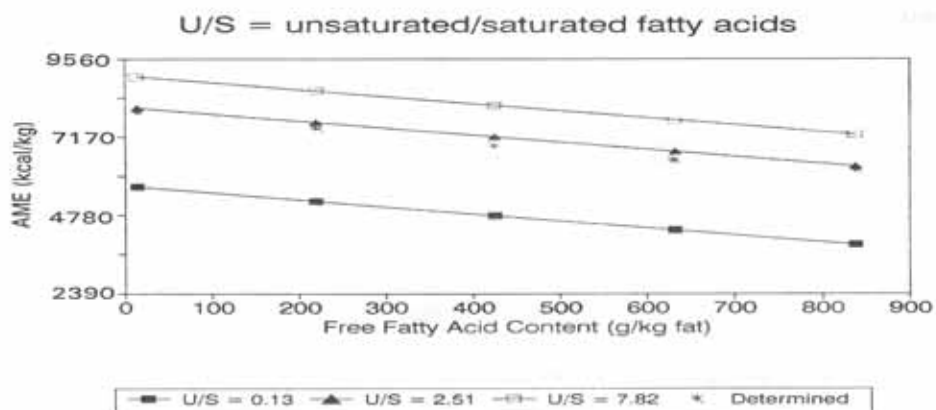


Figure 7. Destruction of Trypsin Inhibitors.

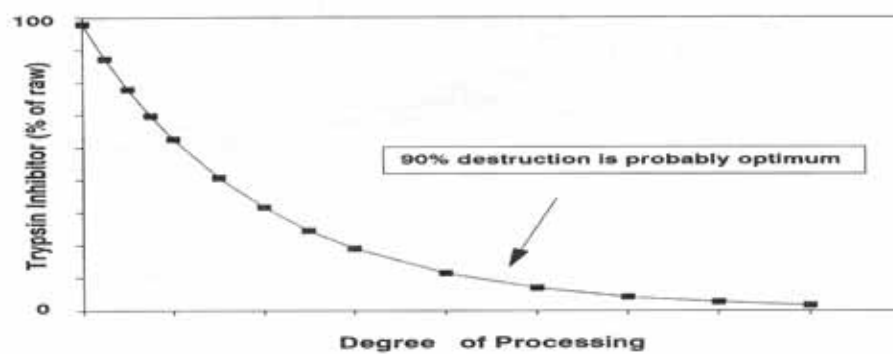


Figure 8. Processing of FFSBM - Cresol Red Test.

