

全脂黃豆的品質調控

Quality Control of Commercial Full Fat Soybeans

by Nelson Ruiz, Ph.D., ContiGroup Companies, Inc. U.S.A.

前言

數年來已有多篇文獻研究過關於動物飼糧中黃豆粕(soybean meal, SBM)在熱處理時的需求與效果。(Carvens and Sipos, 1958; Liener, 1958; Balloun, 1980.) 雖然就飼料原料而言,全脂黃豆(full-fat soybeans, FFSB)與黃豆粕(SBM)相似,但實際上,全脂黃豆(FFSB)與黃豆粕(SBM)具有完全不同的營養組成和製成方式。因此,在品質調控 (quality control, QC)上,全脂黃豆的製作過程並不需要像黃豆粕那麼嚴謹。

歐洲有相關研究(Matrai *et al.*, 1996; Waaijenberg, 1996)報導在不同種別的動物與飼養階段所使用的全脂黃豆(FFSB)品管數據。但鮮少有關於品管或肉雞達上市週齡時影響其生長表現的有效數據。因此,本試驗的目的在檢測市售的全脂黃豆產品對肉雞生長表現的影響。

試驗

本試驗在南美的國立哥倫比亞大學(National University of Colombia, South America)進行,使用兩個不同的試驗企圖找出市售全脂黃豆在製造過程中,濕式擠壓與乾式烘焙等兩種方式的品質檢測。兩個試驗皆使用生黃豆以不同的溫度與時間,配製成肉雞飼料並餵飼至 42 日齡。此外,也特別記錄每批全脂黃豆的胺基酸消化率。

試驗一 (Perilla *et al.*, 1997):全脂黃豆以 Anderson Expander-Extruder-Cooker (Anderson International Corp., Cleveland, Ohio, U.S.)方式以平均 20 秒分別通過 118°C、120°C、122°C、126°C、和 140°C 等高溫膨化擠壓。試驗中各組飼糧皆包含生的全脂黃豆以及溶解萃取的黃豆粉。

試驗二 (Ordonez and Palencia, 1998):全脂黃豆在設有專門烘焙全脂黃豆等穀物的柬埔寨 Soyagro Ltd.公司(Mario Tovar & Arturo Watemberg, Barranquilla)以 113°C、120°C、130°C、135°C、和 150°C 進行烘焙。烘焙的時間則對應不同的溫度而調整,分別是 3.0、4.5、6.5、7.0、和 9.5 分鐘。試驗的各組飼糧也同樣包含生的全脂黃豆。

試驗將分析全脂黃豆的品質包括:以 pH 變化方式測定尿素酶活性(AOCS, 1980a)、Soy-Chek(LSB 產品, Kansas, 美國)、胰蛋白酶抑制因子活性(AOCS, 1980b)、氫氧化鉀的蛋白質溶

解度(Dale *et al.*, 1987)。

樣品全委託伊利諾大學(the University of Illinois)以 Sibbald 於 1979 年與 Anderson-Hafermann *et al.* 於 1992 年發表之方式進行可消化胺基酸的分析。所有的胺基酸分析則在胺基酸檢測中心(Amino Acid Laboratory of Degussa-Huls Corporation)使用 AOAC 997.12 方式(Llames and Fontaine, 1994)檢測之。

結果與討論

全脂黃豆(FFSB)和黃豆粕(SBM)的成分顯示於表 1。由 Perilla *et al.*於 1977 年所做的生長試驗(表 2)顯示經過 122°C、126°C 與 140°C 等高溫處理後的黃豆產品在 8 日齡與 42 日齡時沒有顯著性差異。雖然在上述三個高溫處理的全脂黃豆(FFSB)與黃豆粕(SBM)兩組的體重沒有顯著差異。但是，黃豆粕組(SBM)在飼料轉換率上則有明顯的效果。生黃豆組在經過 118°C 與 120°C 的高溫處理後對動物的生長表現有明顯的提昇效果。體重與飼料轉換率的數據顯示在 122°C、126°C 與 140°C 的高溫處理下會得到最好的生長表現。

生黃豆中的胰蛋白酶抑制因子(TI)活性隨著處理溫度的增加而逐漸下降，從 50,800 下降至 4,700 TI 單位/公克(表 2)。處理溫度從 122°C、126°C 至 140°C 的胰蛋白酶抑制因子活性為 17,700—4,700 TI 單位/公克，其結果與美國 McBride, personal communication 所提出的全脂黃豆經過適當的處理可得 14,000—7,000 TI 單位/公克的結果相符。

尿素酶活性(UA)的測定是將黃豆粕(SBM)與全脂黃豆(FFSB)以不同的高溫處理後，視其 pH 值的變化而定。生黃豆、118°C 與 120°C 測得最高的 UA 值，對家禽的生長表現不盡理想(表 2)。本試驗中，具有最佳生長效能的處理溫度為 122°C、126°C 與 140°C，其 pH 值介於 0.07—0.03 之間。

Soy-Chek (以色差進行分析)在另一間實驗室進行，此方式比以 pH 值檢測更簡易與快速。表 2 所顯示的 Soy-Chek 數值可快速地測出經過不同高溫處理的全脂黃豆(FFSB)的差異性。Soy-Chek 公司表示其產品能檢測黃豆粕(SBM)與全脂黃豆(FFSB)，但是全脂黃豆(FFSB)的分析時間是 10 分鐘，而黃豆粕(SBM)的分析時間則是 5 分鐘。此方法可使全脂黃豆(FFSB)中的油脂充分地與試劑相互作用。

上述的檢測結果可明確地評估對黃豆粕(SBM)與全脂黃豆(FFSB)最適合的高溫處理方式。表 2 中胰蛋白酶抑制因子(TI)與尿素酶活性(UA)結果與 Perilla *et al.* 於 1997 年所發表的結果相符。

蛋白質在氫氧化鉀的溶解度(KOHPS)可用來評估超高溫處理對黃豆粕(SBM)[11, 19, 20]與其

他油籽粕。但 Perilla 與其同事在 1997 年所做的報告例外，我們並不清楚他是怎麼計算超高溫全脂黃豆(FFSB)的 KOHPS 檢測值。

表 2 中的 KOHPS 值顯示生黃豆具有 90% 以上的溶解力，其結果與 Anderson-Hafermann *et al.* 於 1992 年發表的結果相符。所有的熱處理實驗中，數值低於 80% 的只有 140°C 組的 79%。但是表 2 中的 KOHPS 值與 Perilla *et al.*(1997) 發表之結果不同，文獻中的 126°C 與 140°C 的 KOHPS 值分別是 72% 與 67%。由此處可發現溶解度會受到很多因素的影響，例如黃豆粕(SBM)與全脂黃豆(FFSB)的粒徑大小(Whittle and Araba, 1992)和攪拌強度(Ruiz, 1996)等。文獻中的全脂黃豆(FFSB)平均粒徑為 480 – 650 微米；而黃豆粕(SBM)的粒徑則為 250 微米。全脂黃豆(FFSB)因含有油脂而無法研磨得很均勻。

總胺基酸(TAA)值平均為 88% DM(表 3)。即使樣品是個別分析，但全脂黃豆(FFSB)的來源還是生黃豆。除非經過超高溫的處理，TAA 值並不會受到高溫處理的影響。因此，試驗中的各組 TAA 值幾乎都相同。

隨著濕式擠壓的溫度升高，可消化胺基酸(DAA)也隨之增加(表 4)，這代表胰蛋白酶抑制因子等抗營養物質會影響胺基酸的吸收率。當處理溫度高達 126°C 時可得到最高的 DAA 值。但因為每項 DAA 值都是來自單一個樣品，所以 122°C、126°C 與 140°C 的 DAA 數值不具統計多樣性。即使如此，根據 Perilla *et al.* 於 1997 年所發表的生長表現結果(表 2)中已表示上述三種處理溫度沒有顯著性差異，因此可推測這三種處理溫度對 DAA 的變化很小而不足以影響生長表現。

雖然 DAA 值從處理溫度 140°C 到 126°C 時有些微的降低，但在 Perilla *et al.*(1997)所做的超高溫試驗對生長表現並沒有造成影響。而經過超高溫處理的黃豆粕確實對肉雞的生長表現造成影響(Dale *et al.*, 1987; Araba and Dale, 1990; Parsons *et al.*, 1991)。可消化之離胺酸是受損最嚴重的胺基酸(Parson *et al.*, 1992; Aburto *et al.*, 1998)。Parson *et al.*(1992)表示以超高溫處理會破壞總離胺酸，但是在表 3 的結果中，以 140°C 高溫處理的全脂黃豆(FFSB)並沒有出現預期的結果。

試驗 2 是由 Ordonez 和 Palencia 於 1998 年所作的生長試驗結果顯示於表 5，經過 120°C、130°C、135°C 與 150°C 等不同高溫處理組在 42 日齡的體重並沒有顯著性差異。但是在生黃豆組與 135°C 高溫處理組的體重就有明顯的差異($P < 0.05$)。在 42 日齡的各組體重中，在 130°C 處理組中有最大數值，其次是 120°C 處理組。

在表 5 的結果中，胰蛋白酶抑制因子(TI)活性從生黃豆(FFSB)的 58,300 TI 單位/公克驟降至 113°C 高溫處理組的 8,850 TI 單位/公克。這表示隨著處理溫度與時間的增加會降低胰蛋白酶抑制

因子(TI)的活性。

在表 5 的結果中同樣也可以發現尿素酶活性(UA)的 pH 值從生黃豆的 2.01 降低至 113°C 高溫處理組的 0.03，而且在 Soy-Chek 的分析結果也有很明顯的下降。Soy-Chek 的分析結果與 pH 值的變化結果一致。

蛋白質在氫氧化鉀的溶解度(KOHPS)在表 5 的結果中也從生黃豆的 94% 降至 150°C 高溫處理組的 69%。

所有的試驗結果都表示以 130°C 高溫處理的黃豆可提高肉雞在 42 日齡時的體重。但在下一段的討論中，以 113°C 高溫處理的全脂黃豆組生長表現就沒有辦法以上述結果解釋。

表 6 中，總胺基酸平均為 88% DM。試驗 1 的每一個樣品雖然是個別分析，但所有的樣品全來自於同樣的生黃豆，所以表 6 所顯示的胺基酸結果非常相似，這也代表乾式烘焙不會對胺基酸造成影響。

表 7 的結果顯示，隨著乾式烘焙的溫度與時間的增加，全脂黃豆(FFSB)的可消化胺基酸(DAA)也會逐漸增加，在 130°C 高溫處理組達到高峰，而在 135°C 和 150°C 處理組也有些微的變化。其結果與 Ordonez 和 Palencia(1998)在表 5 所顯示的 130°C 高溫處理可達最佳生長表現之結果相同。這代表烘焙處理可提高可消化胺基酸(DAA)的含量，同時也會促進生長表現。

這兩個實驗室分析數據是否可推測肉雞在餵食後的生長表現呢？

我們必須將這個問題分成兩部份回答：1. 低溫處理—以低於適當溫度的方式處理；2. 超高溫處理—以高於適當溫度的方式處理。

低溫處理的影響(Under-Processing Effects)

兩個生長試驗都使用含有全脂黃豆的飼糧。試驗 1 的胰蛋白酶抑制因子(TI)活性在 18,000 TI 單位/公克以下，pH 值則低於 0.10。肉雞在 42 日齡的生長表現上，以 122°C、126°C、140°C 等高溫處理和添加黃豆粕組沒有顯著性差異。Soy-Chek 與 pH 值的相關性可參閱產品說明。

試驗 2 在 113°C 高溫處理的胰蛋白酶抑制因子(TI)活性為 8,850 TI 單位/公克，pH 值為 0.03，此分析數據並沒有直接反應出肉雞在 42 日齡會有較輕的體重。但如果參考表 7 的數值就能有助於解釋以 113°C 乾式烘焙的全脂黃豆(FFSB)對肉雞生長表現的影響。我們目前還沒有辦法解釋這個差異。此外，我們發現乾式烘焙後的全脂黃豆其胰蛋白酶抑制因子(TI)活性若低於 18,000 TI 單位/公克，而且尿素酶活性(UA)的 pH 值在 0.10 以下會得到最好的生長表現。

超高溫處理的影響(Over-Processing Effects)

兩試驗中，最適合評估全脂黃豆(FFSB)的分析方式只有在氫氧化鉀(KOH)的蛋白質溶解度。雖然經過超高溫的全脂黃豆(FFSB)在這兩個試驗中不管是生長表現還是可消化胺基酸(DAA)的數值都沒有辦法提出合理的推論。卻可發現在試驗 2 中，隨著溫度的升高，全脂黃豆(FFSB)的溶解度會逐漸降低。

這是個意外的發現，因為以氫氧化鉀的蛋白質溶解度(KOHPS)評估經過超高溫處理的黃豆粕(SBM)可被廣泛使用，而且也可作為實驗室分析各項黃豆粕產品的結果證明。Kang *et al.* 在 1993 年作了一個為期 3 週以 12 個不同 KOHPS 值的黃豆粕產品餵食肉雞的試驗。最高與最低的溶解度在 21 日齡的體重有 5.75% 的差異。Lee *et al.* (1991) 的結果中，經過超高溫處理的黃豆粕產品其溶解度降低 10% 之後，發現火雞在 9 週齡會減少 170 公克。因此，可根據 KOHPS 值來檢測超高溫的黃豆粕(SBM)。在這兩個試驗中，即使在試驗 1 有 10% 的差異(89%和 79%)，試驗 2 有 16% 的差異(85%和 69%)，但這些 KOHPS 值卻不是受超高溫處理的全脂黃豆(FFSB)主要的參考指標。

這可能是因為全脂黃豆(FFSB)在經過超高溫處理後的蛋白質溶解度較黃豆粕(SBM)低的關係。例如 Anderson-Hafermann *et al.* 在 1993 年發現油菜粕(canola meal)經過處理後其 KOHPS 值為 40 - 80%，但只有低於 40% 的溶解度是與超高溫處理有關。Jensen *et al.* 於 1995 年對菜籽粕的研究也有相似的結果。

這兩個試驗中的全脂黃豆(FFSB)是在製造廠(the Anderson Expander, 和 the Thermal Processor)使用比一般溫度還高的條件處理。所以這樣的設計對於商業化的全脂黃豆(FFSB)產品而言是個十分艱難的任務。但是在貯存不當的環境下，因為發生內部燃燒，而導致生黃豆或已經過處理的黃豆產品受到超高溫的影響。

結論

- 1- 兩試驗的全脂黃豆(FFSB)分析結果，包括胰蛋白酶抑制因子活性低於 18,000 TI/公克，或是尿素酶活性在 0.1 pH 值以下可直接反應於肉雞的生長表現。
- 2- 雖然在氫氧化鉀(KOH)的蛋白質溶解度會隨著處理全脂黃豆(FFSB)溫度的升高而下降，但在超高溫的狀況下則無法推論其效果。
- 3- 以上兩個關於品質管控對於肉雞生長的論述在全脂黃豆(FFSB)與黃豆粕(SBM)的效果截然不同。

表 1. 生黃豆¹在試驗 1 與試驗 2 以及黃豆粕在試驗 1 的成分分析結果

	生黃豆 試驗 1	黃豆粕 試驗 1	生黃豆 試驗 2
乾物質 (%)	91.6	89.6	91.1
乙醚抽出物 (%)	20.5	1.0	19.5
粗蛋白 (%)	36.9	46.3	37.9
粗纖維 (%)	6.1	6.1	4.4
灰份 (%)	4.9	6.2	5.3

¹ 試驗 1 的水分含量顯示於表 2，試驗 2 的水分含量顯示於表 5

表 2. 試驗 1 中，經過濕式擠壓的全脂黃豆和黃豆粕之分析結果並對照 Perilla et al. 文獻中肉雞生長表現的結果

處理方式 ⁰ EC	水分 (%)	尿素活性 pH 值	Soy-Chek 指數 ⁵	胰蛋白酶 抑制因子活性 (TI 單位/公克)	蛋白質對氫氧化 鉀的溶解度 (%)	8-42 日齡 的增重 (公克)	飼料轉換率
生黃豆	8.39	1.99	1	80,800	98	1,502 ^c	2.53
118	8.01	1.69	1	29,400	87	1,890 ^b	1.91
120	7.97	1.11	1	26,000	89	1,897 ^b	1.87
122	7.91	0.07	4.5	17,700	89	2,056 ^a	1.71
126	8.15	0.08	5	12,200	88	2,067 ^a	1.73
140	7.97	0.03	4.5	4,700	79	1,987 ^{ab}	1.71
黃豆粕	10.45	0.08	4.5	300	82	2,028 ^a	1.65

⁰ 濕式擠壓是以 Anderson Expander-Extruder-Cooker 方式處理。

⁵ Soy-Chek 指數是代表每個樣品與試劑混合後的參數。全脂黃豆(FFSB)需與試劑混合 10 分鐘；黃豆粕則是與試劑混合 5 分鐘。根據 LSB 的說明，指數 1 代表 pH 值接近 2.0；指數 2 代表 pH 值介於 0.3-0.5；指數 3 代表 pH 值介於 0.1-0.25；指數 4 代表 pH 值介於 0.05-0.1；指數 4.5 代表 pH 值介於 0.02-0.05；指數 5 代表 pH 值接近 0。上述指數並沒有與 LSB 的說明完全相同，但在指數 4.5 和 5 時會有最佳的生長表現。

a.b.c 不同字母代表同欄中的數值具有顯著性差異。(P<0.05)

表 3. 試驗 1 的全脂黃豆(FFSB)和黃豆粕(SBM)的總胺基酸(約為 88% DM)

處理方式 EC	羥丁胺酸	胱胺酸	纈草胺酸	甲硫胺酸 (蛋胺酸)	異白胺酸	白胺酸	離胺酸	精胺酸	色胺酸
生黃豆	1.39	0.59	1.77	0.51	1.61	2.66	2.06	2.55	0.49
118	1.45	0.61	1.82	0.53	1.62	2.66	2.15	2.67	0.44
120	1.35	0.59	1.81	0.51	1.66	2.63	2.08	2.53	0.38
122	1.42	0.60	1.85	0.52	1.69	2.74	2.13	2.65	0.48
126	1.45	0.60	1.87	0.52	1.68	2.77	2.16	2.70	0.49
140	1.44	0.59	1.81	0.52	1.66	2.76	2.12	2.69	0.47
黃豆粕	1.78	0.75	2.29	0.64	2.06	3.37	2.60	3.27	0.58

表 4. 試驗 1 中全脂黃豆(FFSB)和黃豆粕(SBM)的可消化胺基酸(%)

處理方式 EC	羥丁胺酸	胱胺酸	纈草胺酸	甲硫胺酸 (蛋胺酸)	異白胺酸	白胺酸	離胺酸	精胺酸	色胺酸
生黃豆	73	69	73	72	75	77	73	78	68
118	76	68	79	79	81	81	81	81	68
120	77	67	80	82	83	82	85	81	78
122	85	80	86	88	86	89	87	88	82
126	90	81	88	91	93	93	94	90	91
140	87	80	85	92	90	91	84	88	92
黃豆粕	90	87	89	93	94	94	91	87	91

表 5. 試驗 2 中，經過乾式烘焙的全脂黃豆分析並對照 Ordonez and Palencia 的肉雞生長表現。

處理方式 ⁰ EC 以及 時間(分鐘)	水分 (%)	尿素活性 (pH 值)	Soy-Chek 指數 ⁵	胰蛋白酶抑制 因子活性 (TI 單位/公克)	蛋白質對氫氧 化鉀的溶解度 (%)	42 日齡的 增重 (公克)	飼料轉換率
生黃豆	8.94	2.01	1	56,300	94	1,118 ^c	-
113 3.0 分鐘	6.66	0.03	4.5	8,850	89	1,802 ^b	1.81
120 4.5 分鐘	6.78	0.03	5	6,300	85	1,972 ^a	1.80
130 6.5 分鐘	6.00	0.00	5	5,000	86	2,030 ^a	1.71
135 7.0 分鐘	6.44	0.00	4.5	4,200	79	1,946 ^b	1.79
150 9.5 分鐘	6.22	0.00	5	2,100	69	1,943 ^b	1.78

⁰ 全脂黃豆(FFSB)以 Thermal Processor(導熱器)與 Cereals(穀物烘焙機)進行乾式烘焙。

⁵ Soy-Scek 指數的敘述在表 2。

^{a,b,c} 不同字母代表同欄中的數值具有顯著性差異。(P<0.05)

表 6. 試驗 2 的全脂黃豆(FFSB)和黃豆粕(SBM)的總胺基酸(約為 88% DM)

處理方式 EC	羥丁胺酸	胱胺酸	纈草胺酸	甲硫胺酸 (蛋胺酸)	異白胺酸	白胺酸	離胺酸	精胺酸	色胺酸
生黃豆	1.40	0.59	1.64	0.48	1.48	2.59	2.18	2.63	0.52
113	1.43	0.60	1.68	0.47	1.51	2.65	2.21	2.70	0.52
120	1.41	0.58	1.68	0.49	1.52	2.64	2.17	2.68	0.47
130	1.41	0.58	1.64	0.44	1.46	2.60	2.15	2.64	0.46
135	1.40	0.55	1.64	0.48	1.48	2.59	2.13	2.64	0.53
150	1.40	0.54	1.66	0.46	1.48	2.60	2.06	2.63	0.43

表 7. 試驗 2 中全脂黃豆(FFSB)的可消化胺基酸(%)

處理方式 EC	羥丁胺酸	胱胺酸	纈草胺酸	甲硫胺酸 (蛋胺酸)	異白胺酸	白胺酸	離胺酸	精胺酸	色胺酸
生黃豆	61	46	63	57	67	69	77	72	68
113	77	74	75	78	82	82	84	82	75
120	79	77	77	80	83	82	85	82	73
130	88	81	87	88	92	92	92	90	88
135	88	81	87	85	91	91	91	89	-
150	85	72	87	88	90	90	86	86	94