

การใช้เมล็ดถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการสกัดน้ำมันเป็นอาหารสัตว์ปีก 2. ไก่เนื้อ

สุชน ศังทวิวัฒน์, บุญลอม ชีวะอิสระกุล และ จิตรา กลิ่นหอม¹

UTILIZATION OF FULL FAT SOYBEAN IN POULTRY DIETS 2.BROILER

Suchon Tangtaweewipat, Boonlom Cheva-Isarakul and Jitra Klinhom¹

ABSTRACT : The efficient use as a protein source for poultry of full fat soybean (FFSB) treated under various processes i.e. steaming under pressure 40 lbs/sq. inch for 5, 10 or 15 minutes or roasting in a baking oven at 180° c for 20, 30 or 40 minutes or extruding was compared with that of soybean meal. Eight hundred straight run broiler chicks (AA 70.7) were randomly allotted into 8 treatments of 4 replicates, fed with rations containing either kind of the above mentioned FFSB for 6 weeks (Wks 1-7). The protein content of the diets for chicks during 1-3, 3-6 and 6-7 weeks was 21, 19 and 17% respectively. The result revealed that steaming can destroy 76-92% of the trypsin inhibitor activity (TIA) in soybean, particularly that at 15 minutes, while roasting can get rid of only 13-28% TIA. Chicks fed with roasted FFSB had an enlarged pancreas and showed inferior performances to the steaming and the extruding products. Steaming should be at least 10-15 minutes in order to obtain the comparable performances to those of the extrusion or of the soybean meal. The extruded FFSB showed the best feed conversion ratio. This might be due to the very fine particle of the product.

¹ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่ 50200.

¹ Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200.

บทคัดย่อ : การใช้เมล็ดถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการสกัดน้ำมัน (Full-fat soybean, FFSB) แต่นำไปผ่านกระบวนการให้ความร้อนแบบต่าง ๆ คือ การนึ่งด้วยไอน้ำที่แรงดัน 40 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นเวลา 5, 10 และ 15 นาที การอบในตู้อบหมุนปิ้งที่มีอุณหภูมิภายในตู้ 180° ซ เป็นเวลา 20, 30 และ 40 นาที หรือการผ่านเครื่องเอ็กซ์ทราคเปรียบเทียบกับการใช้กากถั่วเหลือง แล้งไก่เนื้อแบบคณะแพศ พันธุ์เฮเฮ 707 จำนวน 800 ตัว แบ่งออกเป็น 8 กลุ่ม กลุ่มละ 4 ซ้ำ เพื่อเลี้ยงด้วยอาหารทดลองที่มีส่วนประกอบของ FFSB ชนิดต่าง ๆ ช้างต้นเป็นเวลา 6 สัปดาห์ โดยสูตรอาหารแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ให้มีโปรตีนระดับ 21, 19 และ 17% ในช่วงโกอายุ 1-3, 3-6 และ 6-7 สัปดาห์ ตามลำดับ ส่วนค่าพลังงานใช้ประโยชน์และไขมันปด้อยให้เพิ่มขึ้นเมื่อใช้ FFSB ในอาหาร ผลปรากฏว่าการนึ่งสามารถทำลายสารยับยั้งทริปซิน (Trypsin inhibitor activity, TIA) ได้เกือบหมด (76-92%) โดยเฉพาะเมื่อใช้เวลานึ่ง 15 นาที จะเหลือ TIA ต่ำมาก ใกล้เคียงกับ FFSB ชนิดเอ็กซ์ทราคต่าง จากวิธีการอบซึ่งยังคงเหลือ TIA เป็นจำนวนมาก โดยทำลายไปได้เพียง 13-28% เท่านั้น เมื่อนำไปเลี้ยงไก่เนื้อ ทำให้สมรรถภาพการผลิตเร็วกว่าชนิดนึ่งและเอ็กซ์ทราคอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) และยังทำให้ต้นทุนขยายใหญ่ขึ้นอีกด้วย สำหรับ FFSB ชนิดนึ่งเป็นเวลา 5 นาที การเจริญเติบโตยังไม่ดีพอ แต่ถ้าเพิ่มเวลานึ่งนานขึ้นเป็น 10-15 นาที สมรรถภาพการผลิตไม่ต่างจากกลุ่มควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลือง และกลุ่มที่ใช้ FFSB ชนิดเอ็กซ์ทราค โดยกลุ่มที่ใช้เอ็กซ์ทราคจะให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารดีที่สุด ซึ่งอาจเนื่องจากการรวมวิธีการผลิตที่ทำให้มีขนาดเมล็ดเล็กละเอียดมาก.

คำนำ

จากการที่ผลผลิตถั่วเหลืองภายในประเทศ ผลิตได้ไม่พอเพียงกับความต้องการบริโภคทั้งจากมนุษย์และสัตว์ กลายเป็นพืชอีกชนิดหนึ่งที่มีปัญหาทางด้านการเมือง รัฐบาลต้องเข้ามามีส่วนควบคุมและให้ความช่วยเหลือเกษตรกรผู้ปลูกถั่วเหลืองและโรงงานสกัดน้ำมันอย่างใกล้ชิด เป็นเหตุให้ผู้เลี้ยงสัตว์ซึ่งใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนชนิดหนึ่งในอาหารสัตว์ ต้องแบกรับภาระด้านต้นทุนที่สูงขึ้น อันเนื่องมาจากกากถั่วเหลืองมีราคาแพง การใช้เมล็ดถั่วเหลืองเป็นอาหารสัตว์อาจนำไปใช้ได้โดยตรงโดยไม่ต้องนำไปผ่านการสกัดน้ำมันจากโรงงานก่อน เพียงแต่นำเมล็ดถั่วเหลืองเหล่านั้นไปผ่านความร้อนเพื่อให้ทำลายสารต่อต้านการใช้ประโยชน์ของธาตุอาหาร (Antinutritive factors) โดยเฉพาะสารยับยั้งทริปซิน (Trypsin inhibitor activity, TIA) ซึ่งมีปริมาณมากในเมล็ดถั่วเหลืองดิบ (74 mg/g air dry, คังทวิวัฒน์ และชิวะอิสระกุล, 2532) เช่น การนำไปอบ (Dry heated) หรือนึ่ง (Steam heated) เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ใ้ไรก็ตาม กระบวนการดังกล่าวจำเป็นต้องใช้ความร้อนที่พอเหมาะ เนื่องจากถ้าให้ความร้อนน้อยไป (Under processing) จะคงเหลือ TIA สูง แต่ถ้ามากเกินไป (Over processing) การใช้ประโยชน์ของสารอาหาร โดยเฉพาะกรดอะมิโนที่จำเป็น เช่น เมทไธโอนีน (Methionine) ไลซีน (Lysine) จะใช้ได้น้อยลง (Hayward et al., 1936; Renner et al., 1953).

การนำเมล็ดถั่วเหลืองไปผ่านการอบแบบ Dry roasting โดยให้มีอุณหภูมิที่เมล็ดถั่ว 118°ซ เป็นเวลา 8.5 นาที ปรากฏว่า TIA ลดลงเหลือ 3.9 mg/g sample ซึ่งนำไปเลี้ยงไก่ในระยะก่อนไข่ได้ที่ระดับ 15% ส่วนไก่ไข่ได้ 20% (Leeson *et al.*, 1989) แต่กรณีของ Porter and Britton (1974) ใช้เมล็ดถั่วผ่านเครื่องเอ็กสตรูด (Extrude) ที่อุณหภูมิ 133°ซ จากนั้นนำเมล็ดถั่วไปยีให้แตกแล้วใช้เลี้ยงไก่เนื้อ พบว่าทำให้การเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารค้อยกว่ากลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองเสริมด้วยไขมันสัตว์ ทั้งนี้เนื่องจากความร้อนทำให้กากถั่วยังไม่สุ่งพองจนสามารถทำลาย TIA ได้หมด และ/หรือความร้อนระดับดังกล่าวยังไม่สามารถทำให้น้ำมันในเมล็ดถูกนำมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Carew *et al.*, 1961) อย่างไรก็ตาม ถ้าให้เมล็ดถั่วมีความชื้นสูงในขณะให้ความร้อนด้วย จะลดระยะเวลาและอุณหภูมิลง ดังรายงานของ McNaughton and Reece (1980), Mcnaughton *et al.* (1981) และ Hafez *et al.* (1983) เป็นต้น การนำเมล็ดถั่วไปนึ่งจึงช่วยให้ความร้อนทำลาย TIA ได้เร็วขึ้น นอกจากนี้ประสิทธิภาพการทำลาย TIA ยังขึ้นอยู่กับค่าความกรดค้าง (pH) อีกด้วย เช่น การนึ่งเมล็ดถั่วที่อุณหภูมิ 99°ซ ที่ pH 6.6 เป็นเวลา 1 ชั่วโมง TIA จะลดลงเหลือ 7.6% และให้ค่า Protein efficiency ratio (PER) สูงสุด แต่ถ้าเพิ่ม pH เป็น 9.5 จะใช้เวลาเพียง 2.5 นาที โดยคุณภาพโปรตีนยังคงเดิม (Johnson *et al.*, 1980) สำหรับการนำไปต้มด้วยระยะเวลาต่าง ๆ กัน อาจบอกก่อนหรือบอกหลังการต้มหรือต้มแล้วแช่ค้างเพื่อใช้เป็นอาหารสุกรระยะก่อนหย่านม ปรากฏว่าใช้ได้ผลดี (ฮือเชียวชาวกิจ, 2518 ; ภูวดลไพโรจน์, 2525) ส่วนการย่อยด้วยเปปซิน (Pepsin) และหมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์ยังไม่เหมาะกับการนำไปใช้ (เศรษฐรักษ์, 2520).

จากรายงานดังกล่าวข้างต้น จะเห็นว่ามียุทธวิธีง่าย ๆ ที่สามารถจะทำลาย TIA ในเมล็ดถั่วเหลืองได้ แต่วิธีการดังกล่าวก็ยังไม่สอดคล้องกับการนำไปใช้ในฟาร์ม หรือใช้ในเชิงอุตสาหกรรม เช่น การต้ม การนึ่ง หรือการแช่ค้าง เป็นต้น ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้พยายามหาอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่มีในห้องแล็บเพื่อใช้ในการอบหรือนึ่งเมล็ดถั่ว ด้วยวิธีที่ไม่ยุ่งยาก โดยเมล็ดถั่วเหล่านั้นหลังจากเสร็จสิ้นขั้นตอนการแล้วต้องอยู่ในสภาพแห้ง (ความชื้นไม่ควรเกิน 15%) เพื่อเก็บรวบรวมไว้ใช้ได้นาน ๆ ในที่นี้จะนำเมล็ดถั่วเหลืองไปผ่านการอบด้วยเครื่องอบขนมปังหรือนำไปผ่านการนึ่งด้วยเครื่องนึ่งชนิดทำขึ้นใช้เองในห้องแล็บ โดยให้อิหร่านมีแรงดัน 40 ปอนด์/ตารางนิ้ว ด้วยระยะเวลาต่าง ๆ กัน เพื่อใช้เป็นอาหารไก่เนื้อต่อไป.

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ถั่วเหลืองที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ได้จากการซื้อตามท้องตลาดทั่วไป เป็นถั่วชนิดเกรตสัคกัน้ำมัน (เกรต 3, ขนาดเมล็ดโตกว่ากะแกลงร้อนที่มีรูขนาด 4.5 มม.) ไม่ต้องนำไปผ่านการสัคกัน้ำมัน แต่นำไปผ่านความร้อนเพื่อให้ทำลายสารยับยั้งการเจริญเติบโต โดยเฉพาะชนิดสารยับยั้งทริปซิน (TIA) ในที่นี้ให้นำไปผ่านความร้อน 2 แบบ คือ แบบความร้อนชื้น (ถั่วเหลืองนึ่ง) และแบบความร้อนแห้ง (ถั่วเหลืองอบ) มีรายละเอียดวิธีการทำดังนี้ :

ถั่วเหลืองนึ่ง (Steam heated soybeans) ใช้ถั่วเหลืองแบบทำด้วยไม้ประกบกันแน่นปิดด้วยฝาอะลูมิเนียม เมื่อเวลาหนึ่งจะคลุมด้วยกระสอบป่านอีกชั้น กันถึงมีตะแกรงอะลูมิเนียมเจาะรูเพื่อให้ไอน้ำเข้าไปในถังได้ทั่วถึง ผลัดใช้กันเองในห้องดิน ขนาดของถังหนึ่งบรรจุเมล็ดถั่วได้เต็มที่ประมาณ 100 กิโลกรัม แต่ในการศึกษาครั้งนี้ได้เมล็ดถั่วลงไปในถังหนึ่งครั้งละ 50 กิโลกรัม ส่วนหม้อคั้นน้ำอยู่ภายนอกแยกออกจากส่วนถังนึ่ง มีเฉพาะท่อสำหรับให้ไอน้ำร้อนมาเข้าถังนึ่งตรงส่วนล่างสุดของถัง ระยะห่างประมาณ 2 เมตร ก่อนปล่อยไอน้ำร้อนเข้ามาต้องทำให้ไอน้ำมีแรงดันเท่ากับ 40 ปอนด์/ตารางนิ้ว (หรือ 2.8 กก./ตร.ซม) ไอน้ำร้อนก็แทรกซึมเมล็ดถั่วจากชั้นล่างขึ้นไปยังส่วนบนของถัง โดยมีบางส่วนได้เล็ดลอดออกจากถังนึ่งไป การนึ่งใช้เวลา 5, 10 และ 15 นาที ซึ่งจะมีอุณหภูมิที่เมล็ดถั่วหลังจากนึ่งเท่ากับ 83, 95 และ 105 °C ตามลำดับ หลังจากนั้นรีบนำไปทำให้แห้งด้วยการคั่วในกระทะที่มีความร้อนพอประมาณ (อุณหภูมิต่ำกว่าถั่วนึ่ง) ใช้เวลาประมาณ 2-3 นาที ถั่วนึ่งก็จะแห้ง นำไปใส่กระสอบเพื่อเก็บรวบรวมไว้ใช้เลี้ยงไก่ทดลองต่อไป.

ถั่วเหลืองอบ (Dry heated soybeans) ใช้เครื่องอบขนมปังแบบใช้แก๊สเป็นแหล่งให้ความร้อน มีชั้นเดียวผลิตภายในประเทศ นำเมล็ดถั่วใส่ในถาดสี่เหลี่ยมขนาด 20x28 นิ้ว สูง 1 นิ้ว บรรจุเมล็ดถั่วได้เต็มที่ 8.5 กิโลกรัม นำเข้าอบครั้งละ 2 ถาด ก่อนนำเข้าอบต้องปรับให้อุณหภูมิภายในตู้อบให้คงที่ที่ 180 °C เป็นเวลาอย่างน้อย 10 นาที จากนั้นรีบนำเมล็ดถั่วที่บรรจุในถาดเข้าไปอบด้วยเวลาต่าง ๆ กัน คือ 20, 30 หรือ 40 นาที โดยตลอดระยะเวลาที่อบนั้นไม่มีการเปิดฝาทู้อบ และไม่มีการคนเมล็ดถั่วในถาด ซึ่งจากการตรวจสอบอุณหภูมิที่เมล็ดถั่วหลังจากการอบเสร็จสิ้นแต่ละครั้ง พบว่ามีอุณหภูมิเฉลี่ย 60, 81 และ 100 °C เมื่ออบเมล็ดถั่วนาน 20, 30 และ 40 นาที ตามลำดับ จากนั้นนำไปบรรจุใส่กระสอบเพื่อเก็บไว้ใช้สำหรับการทดลองต่อไป.

การศึกษาในห้องปฏิบัติการ (Laboratory analysis) :

นำเมล็ดถั่วเหลืองดิบและเมล็ดถั่วที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนแบบต่างๆ ทั้งชนิดนึ่งอบ และเอ็กซ์ทรา ซึ่งในที่นี้ใช้ชื่อเรียกรวม ๆ ว่า Full-fat soybeans (FFSB) มาบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มม. เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบของโภชนาแบบหายาโดยวิธี Proximate analysis (AOAC, 1980) และหาปริมาณ TIA ตามวิธีการที่อ้างถึงโดย Kakade *et al.* (1974).

การวิเคราะห์นี้กระทำที่ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ไทย-เยอรมัน ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

การศึกษาในไก่เนื้อ (Broiler feeding trial) :

ใช้ไก่เนื้อคณะแพศพันธ์ เอเอ 707 (AA 707) อายุ 7 วัน จำนวน 800 ตัว แบ่งออกเป็น 8 กลุ่ม (Treatment) กลุ่มละ 4 ซ้ำ (Replication) แต่ละซ้ำเลี้ยงในคอกแบบปล่อยพื้น ขนาด 1.6 X 2.0 ตารางเมตร มีอาหารและน้ำกินตลอดเวลา อาหารที่ไก่ได้รับในช่วงก่อนอายุครบ 1 สัปดาห์ เป็นอาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ดผลิตจากบริษัทที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดเหมือนกันหมด (โปรตีน 21%) จากนั้นให้ได้รับอาหารทดลองแบบผง (Mash form) ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ ระยะไก่อายุ 1-3, 3-6 และ 6-7 สัปดาห์ มีโปรตีนระดับ 21, 19 และ 17% ในแต่ละช่วงอายุตามลำดับ เท่ากันทุกกลุ่ม ส่วนพลังงานใช้ประโยชน์ (Metabolizable energy, ME) และไขมันมีปริมาณเพิ่มขึ้น เมื่อใช้ FFSB ในสูตรอาหาร โดยค่า ME ของ FFSB ที่ใช้คำนวณคือ 3.8 กิโลแคลอรี/กรัม (Wiseman, 1987) ซึ่งทำให้สูตรที่ใช้กากถั่วมี ME ประมาณ 3.0-3.1 ส่วนที่ใช้ FFSB มีประมาณ 3.2 กิโลแคลอรี/กรัม อาหารทดลองแต่ละกลุ่มที่ส่วนผสมของ FFSB ชนิดหนึ่งและชนิดอบ ด้วยระยะเวลาต่าง ๆ กัน (5, 10 หรือ 15 และ 20, 30 หรือ 40 นาที ตามลำดับ) เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ใช้ FFSB ที่ผ่านความร้อนโดยขบวนการเอ็กซ์ทรูด และกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองเป็นกลุ่มควบคุม (Basal diet) ส่วนผสมของสูตรอาหารที่ใช้ในไก่ช่วงอายุ 1-3, 3-6 และ 6-7 สัปดาห์ แสดงไว้ในตารางที่ 1.

งานทดลองกระทำที่ฟาร์มสัตว์ปีก ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เป็นเวลา 7 สัปดาห์ เริ่มจากเดือนเมษายนถึงมิถุนายน 2536 ข้อมูลด้านอัตราการเจริญเติบโตและปริมาณอาหารที่กิน บันทึกทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงระดับโปรตีนในอาหาร น้ำหนักตับ (Liver) ตับอ่อน (Pancreas) และไขมันช่องท้องรวมกับส่วนห่อหุ้มอวัยวะภายในทั้งหมด (Abdominal plus visceral fat) บันทึกเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (อายุไก่ 7 สัปดาห์) จากการฆ่าไก่แบบคัตเส้นเลือดคอใหญ่ (Jugular vein) โดยสุ่มแบบแยกเพศ เพศละตัวต่อซ้ำ จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยเป็นร้อยละของน้ำหนักตัวเมื่อมีชีวิต ส่วนอัตราการตายบันทึกทุกครั้งที่มีการตายเกิดขึ้นแล้วรายงานผลเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ข้อมูลที่ได้นำไปวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนและหาลำดับความแตกต่างระหว่างกลุ่มโดยวิธี Duncan's new multiple range test ซึ่งบ่งโดย จันทลักษณ์ (2523).

ผลการทดลองและวิจารณ์

ส่วนประกอบทางโภชนาการและปริมาณ TIA ใน FFSB ที่ผ่านขบวนการให้ความร้อนแบบต่าง ๆ :

องค์ประกอบทางโภชนาการของ FFSB ชนิดหนึ่งเป็นเวลา 10 นาที ชนิดอบเป็นเวลา 30 นาที และชนิดเอ็กซ์ทรูด เปรียบเทียบกับกากถั่วเหลือง แสดงไว้ในตารางที่ 2.

Table 1. Composition and nutrient content of broiler diets.

Ingredients	Age of birds (wk)					
	1-3		3-6		6-7	
	SBM	FFSB ¹	SBM	FFSB ¹	SBM	FFSB ¹
Yellow corn	61.19	57.54	66.06	62.72	70.58	68.08
Rice bran	7.00	7.00	7.00	7.00	8.00	8.00
Soybean meal, SBM (44% CP)	19.10	-	17.30	-	12.80	-
Full fat soybean, FFSB (38.3% CP)	-	22.75	-	20.64	-	15.30
Fish meal (55% CP)	11.50	11.50	8.50	8.50	7.50	7.50
Oyster shell	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
DL-Methionine	0.11	0.11	0.04	0.04	0.02	0.02
Salt	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Vitamina-Mineral premix ²	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Calculated chemical composition, (% Air dry basis)						
Crude protein	21.00	21.00	19.00	19.00	17.00	17.00
Metabolizable energy (kcal/g)	3.00	3.20	3.05	3.23	3.10	3.23
Crude fiber	4.70	4.35	4.66	4.34	4.55	4.32
Ether extract	4.05	7.40	3.99	7.03	4.16	6.41
Calcium	1.17	1.17	0.94	0.94	0.85	0.85
Avai. phosphorus	0.54	0.54	0.43	0.43	0.39	0.39
Lysine	1.20	1.20	1.00	1.00	0.85	0.85
Methionine (Meth)	0.50	0.50	0.38	0.38	0.32	0.32
Meth + Cysteine	0.85	0.85	0.72	0.72	0.60	0.60

¹ FFSB in each diet was a steam heated (5, 10 or 15 min), dry heated (20, 30 or 40 min) or extruded soybeans.

² Vitamin and mineral premix provided in milligrams per kilogram of diet (except as noted) : Vit. A 15,000 IU; Vit. D₃ 3,750 IU; Vit. E 50; Vit. K₃ 2; Vit. B₁ 3; Vit. B₂ 10; Vit. B₆ 6; Vit. B₁₂ 0.01; Nicotinic acid 40; Pantothenic acid 15; Folic acid 0.7; Biotin 75 µg; Choline chloride 300; Iron 40; Copper 5; Manganese 60; Zinc 60; Cobalt 1; Iodine 0.5; Selenium 0.15; Coccidiostat 1,000 and Antioxidant 50.

Table 2. Chemical composition of full-fat soybean (FFSB) compared to soybean meal.

Composition (% Air-dry basis)	Type of FFSB			Soybean meal (NRC, 1984)
	Steam heated ¹ (10 min)	Dry heated ² (30 min)	Extruder	
Dry matter	91.7	91.5	93.0	89.0
Crude protein	37.5	37.9	41.5	44.0
Ether extract	20.9	19.5	19.1	0.8
Crude fiber	5.6	5.4	5.2	7.3
Nitrogen free extract	22.7	23.9	22.2	29.1
Ash	5.0	4.8	5.0	7.8
ME (kcal/g)	NA	NA	3.8 ³	2.2
Essential amino acid				
Lysine	NA	NA	2.35 ³	2.93
Methionine	NA	NA	0.52	0.65
Cystine	NA	NA	0.63	0.69
Tryptophan	NA	NA	0.48	0.62
Threonine	NA	NA	1.44	1.81
Leucine	NA	NA	2.85	3.52
Isoleucine	NA	NA	1.78	2.39
Valine	NA	NA	1.77	2.34
Histidine	NA	NA	0.91	1.15
Phenylalanine + Tyrosine	NA	NA	3.20	3.55

NA = Data not available

¹ Heated under pressure 40 lbs/square inch

² Roasted in bakery oven at 180° C

³ Wiseman (1987)

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่า FFSB ชนิดหนึ่งและอบ มีโปรตีนต่ำกว่าชนิดเอ็กซ์ทราคต์ประมาณ 3% (37.5-37.9 vs 41.5% ตามลำดับ) ทั้งนี้เนื่องจากโรงงานผู้ผลิต FFSB ชนิดเอ็กซ์ทราคต์ได้ใช้เมล็ดถั่วเกรดสูงกว่าถั่วหนึ่งและอบ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ใช้เกรด 3 ที่มีขนาดเมล็ดเล็กกว่า ส่วนองค์ประกอบทางโภชนาการอื่น ๆ (ไขมัน เยื่อใย NFE และเถ้า) ของ FFSB ทั้งสามมีปริมาณใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับคุณค่าทางโภชนาการของถั่วเหลืองแล้วปรากฏว่า FFSB มีโปรตีนและเยื่อใยต่ำกว่ากากถั่วเล็กน้อย (ประมาณ 3-6 และ 2% ตามลำดับ) ในขณะที่มีปริมาณไขมันมากกว่าหลายเท่าตัว จึงทำให้ค่า ME ของ FFSB สูงกว่ากากถั่ว (3.8 vs 2.2 กิโลแคลอรี/กรัม) ซึ่งจัดว่าเป็นข้อดีสำหรับการใช้ FFSB เป็นอาหารสัตว์ เพราะให้ได้ทั้งพลังงานและโปรตีนแก่สัตว์.

การให้ความร้อนแบบชื้นและแห้ง (หนึ่งและอบ) ด้วยระยะเวลาต่าง ๆ กันเพื่อทำลาย TIA นั้น ผลแสดงไว้ในตารางที่ 3 ปรากฏว่าการนึ่ง (แบบให้ความร้อนชื้น) ด้วยอุปกรณ์ตั้งนึ่งที่ผลิตใช้กันเองอย่างง่าย ๆ ในท้องถิ่น สามารถทำลาย TIA ใน FFSB ได้ถึง 76% เมื่อใช้เวลาเพียง 5 นาที และจะทำลายได้เกือบหมดถ้าเพิ่มเวลานึ่งนานขึ้น หากเปรียบเทียบกับวิธีการอบที่อุณหภูมิห้อง 180° ซ เป็นเวลา 20-40 นาที ผลจะต่างกันมาก กล่าวคือ การอบด้วยวิธีนี้สามารถทำลาย TIA ได้เพียง 13-29% เท่านั้น ทั้งนี้อาจมีผลเนื่องจากความหนาของเมล็ดถั่วที่ใส่ในตู้อบแต่ละครั้งมีความหนาแน่นมาก (ประมาณ 1 นิ้ว) ความร้อนไม่สามารถที่จะแผ่เข้าไปยังส่วนกลางของถั่วได้ ประกอบกับการอบในแต่ละครั้งไม่มีการคนให้เมล็ดถั่วในแต่ละจุดของถั่วให้ได้รับความร้อนอย่างทั่วถึง ซึ่ง Leeson *et al.* (1989) รายงานว่า TIA จะถูกทำลายได้เกือบหมดเมื่อให้เมล็ดถั่วได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 118° ซ เป็นเวลา 8.5 นาที สูงกว่าอุณหภูมิของเมล็ดถั่วที่ใช้อบในครั้งนี้ที่ปรากฏว่า ณ จุดกึ่งกลางของถั่ววัดอุณหภูมิได้ 60, 81 และ 100° ซ เมื่อใช้เวลานาน 20, 30 และ 40 นาที ตามลำดับ TIA ในเมล็ดถั่วจึงยังคงเหลืออยู่มาก (40-49 mg/g sample) ต่างจากการนึ่งซึ่งในไอน้ำที่มีแรงดัน 40 ปอนด์/ตารางนิ้ว ความร้อนจากไอน้ำสามารถกระจายเข้าไปยังเมล็ดถั่วแต่ละเมล็ดได้อย่างทั่วถึง จึงไม่จำเป็นต้องนึ่งนาน ผลสอดคล้องกับรายงานของ McNaughton and Reece (1980) และ McNaughton *et al.* (1981) ที่กล่าวอ้างว่าการให้ความชื้นแก่เมล็ดถั่วในขณะที่ให้ความร้อนจะช่วยลดระยะเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ได้ลง.

สำหรับ FFSB ชนิดเอ็กซ์ทราคต์ที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้จากการให้เมล็ดถั่วที่บดแล้วผ่านเข้าไปยังเกลียวขนาดต่าง ๆ ภายในตัวเครื่อง จนเกิดความดันสูงขึ้นเรื่อย ๆ ในที่สุดก็จะถูกดันผ่านรูเปิดเล็ก ๆ ออกมาภายนอก มีอุณหภูมิประมาณ 150° ซ ใช้เวลาอยู่ในเครื่องไม่เกิน 30 วินาที FFSB ชนิดนี้จึงเหลือ TIA น้อยมาก โดยมีปริมาณใกล้เคียงกับ FFSB ชนิดหนึ่งด้วยเวลา 15 นาที (3.1 vs 4.5 mg/g sample, ตามลำดับ) ซึ่งแบบหนึ่งนี้มีอุณหภูมิที่เมล็ดถั่วต่ำกว่า (105° ซ) แต่ใช้เวลานานกว่า (ตารางที่ 3).

Table 3. Effect of heating on trypsin inhibitor activity (TIA).

Type of full-fat soybean	TIA (mg/g sample)	% Destroy
Raw	55.4	-
Steam heated, 5 min ¹	13.2	76.2
Steam heated, 10 min	10.3	81.4
Steam heated, 15 min	4.5	91.9
Dry heated, 20 min ²	49.0	13.1
Dry heated, 30 min	45.4	18.1
Dry heated, 40 min	39.6	28.5
Extruder	3.1	94.4

^{1,2} See Table 2.

การศึกษาในไก่เนื้อ

การเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหาร

การใช้ FFSB เป็นแหล่งโปรตีนและพลังงานเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลืองในอาหารไก่เนื้อช่วงอายุ 1-7 สัปดาห์ โดยช่วงไก่อายุ 0-1 สัปดาห์ ให้กินอาหารสำเร็จรูปชนิดเม็ด ผลแสดงไว้ในตารางที่ 4 ปรากฏว่า FFSB ชนิดนี้ 10 และ 15 นาที ให้สมรรถภาพการผลิต (การเจริญเติบโต ปริมาณอาหารที่กิน และอัตราแลกน้ำหนัก) ไม่ต่างจากกลุ่มควบคุม ส่วนชนิดนี้ใช้เวลา 5 นาที และชนิดอบทั้งสามกลุ่มให้สมรรถภาพการผลิตคล้ายกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ทั้งนี้อาจมีผลเนื่องจากปริมาณสารยับยั้งการเจริญเติบโตโดยเฉพาะชนิด TIA ในตัวอบและตัวนี้ 5 นาที ยังคงเหลือค่อนข้างสูง ซึ่งมีผลทำให้การเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลง เช่นเดียวกับการใช้ถั่วเหลืองดิบหรือ FFSB ที่ยังไม่สุกพอ (Mitchell *et al.*, 1972; Porter and Britton, 1974) อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาเฉพาะอัตราแลกน้ำหนัก (FCR) ของกลุ่มที่ใช้ FFSB ชนิดนี้ 5 นาที ให้ผลไม่ต่างจากกลุ่มควบคุม โดยมีประสิทธิภาพดีกว่ากลุ่มที่ใช้ FFSB ชนิดอบ อาจมีสาเหตุมาจาก TIA ที่ยังคงเหลือในเมล็ดตัวนี้มีปริมาณ

ไม่มาก (13.2 mg/g sample, ตารางที่ 3) ประกอบกับไก่กินอาหารได้น้อย การเติบโตไม่ดี เมื่อคำนวณเป็น FCR จึงไม่ต่างจากกลุ่มควบคุม แต่ถ้าหากพิจารณาเทียบกับกลุ่มที่ใช้ FFSB ชนิดอบพบว่า มีปริมาณ TIA ต่ำกว่ามาก ดังผลที่แสดงในตารางที่ 5 ที่ปรากฏว่า ปริมาณ TIA ที่ไก่กินเข้าไป ตลอดระยะเวลาการทดลอง กลุ่ม FFSB ชนิดนี้ 5 นาที มีปริมาณต่ำกว่ากลุ่ม FFSB ชนิดอบมาก (9.9 vs 28.7-35.3 g/bird, ตามลำดับ).

Table 4. Production performance of 7 week-old broilers fed diets containing different processed soybean.

Diets	Liveweight gain (kg)	Feed intake (kg)	FCR	Mortality (%)
Basal (soybean meal)	2.04 ^a	4.15 ^a	2.03 ^{bc}	6.0 ^a
Extruder	2.11 ^a	4.04 ^{ab}	1.91 ^d	2.0 ^a
Steam heated, 5 min ¹	1.92 ^b	3.93 ^{bc}	2.05 ^{bc}	1.0 ^a
Steam heated, 10 min	2.04 ^a	4.09 ^{ab}	2.01 ^c	5.0 ^a
Steam heated, 15 min	2.06 ^a	4.16 ^a	2.02 ^c	5.0 ^a
Dry heated, 20 min ²	1.77 ^c	3.78 ^c	2.13 ^a	8.0 ^a
Dry heated, 30 min	1.75 ^c	3.75 ^c	2.15 ^a	4.0 ^a
Dry heated, 40 min	1.81 ^c	3.80 ^c	2.10 ^{ab}	8.0 ^a

a, b, c Means within column with no common superscripts are significantly different ($P < 0.05$)

^{1,2} see table 2.

สำหรับการใช้ FFSB ชนิดเอ็กซ์ทรูด ปรากฏว่าให้สมรรถภาพการผลิตไม่ต่างจากกลุ่มที่นิ่ง 10-15 นาที แต่มี FCR ต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ (1.91 vs 2.01-2.15, ตารางที่ 4) ทั้งนี้เนื่องจาก FFSB ชนิดเอ็กซ์ทรูดต้องผ่านความร้อนที่สูงมาก (ประมาณ 150° ซ) ซึ่งทำลาย TIA ได้เกือบหมด (ตารางที่ 3) เมื่อนำไปใช้จึงไม่ก่อให้เกิดผลเสีย ผลดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานของ Waldroup and Cotton (1974) ที่ใช้ FFSB ชนิดผ่านเครื่องเอ็กซ์ทรูด หรือชนิดนี้ด้วย Autoclave ทั้งที่ให้และไม่ให้ความชื้น ด้วยระยะเวลาที่เหมาะสม เมื่อนำไปเลี้ยงไก่เนื้อไม่ปรากฏผลแตกต่าง (Featherston and Rogler, 1966; McNaughton and Reece, 1980) ทำนองเดียวกับผลการศึกษาในไก่ไข่ระยะไกรุ่น และนกกระทาไข่ โดย ตั้งทวีวัฒน์และ

ชวะยิธระกุล (2535) ที่ใช้ FFSB ชนิดเอ็กซ์ทรา ซึ่งผลิตจากโรงงานเกี่ยวกับการศึกษาในครั้งนี้ โดยใช้แทนที่กากถั่วเหลืองครึ่งหนึ่งหรือทั้งหมดเป็นเวลา 3 เดือน ก็ไม่ปรากฏผลเสียแม้ว่าจะใช้แทนที่ทั้งหมดก็ตาม.

อย่างไรก็ดีจากผลการศึกษาในครั้งนี้ การใช้ FFSB ชนิดเอ็กซ์ทราให้ FCR ต่ำกว่ากลุ่มอื่นทุกกลุ่ม อาจมีสาเหตุมาจาก FFSB ชนิดเอ็กซ์ทรา มีขนาดเม็ด (Particle size) เล็กละเอียดมาก (ประมาณ 1 มม.) อันเกิดจากกรรมวิธีการผลิตที่ต้องรีดตัวไปตามเกลียว จากนั้นพ่นออกมาเป็นฝอยเล็ก ๆ ต่างจาก FFSB ชนิดหนึ่งหรืออบที่ยังคงสภาพเป็นเม็ดเล็กด้วยอยู่ ก่อนนำไปใช้ก็เพียงแคบดด้วย Hammer mill ให้มีขนาด 3 มม. เท่านั้น ซึ่ง Mitchell *et al.* (1972) รายงานว่า FFSB ชนิดอบที่ผ่านเครื่อง Roast-a-Tron ที่มีอุณหภูมิ 122-125°ซ มีผลให้การย่อยได้ของไขมันใน FFSB ต่ำขึ้น เมื่อยังบดเม็ดเล็กตัวให้มีขนาดเล็กลง FCR ของกลุ่มที่ใช้ FFSB ชนิดเอ็กซ์ทราที่มีขนาดเม็ดละเอียดจึงให้ผลดีกว่า อย่างไรก็ตาม FFSB ชนิดหนึ่งและอบน่าจะมิข้อดีกว่าตรงที่สามารถเก็บไว้ได้นาน ๆ เพราะยังคงเป็นเม็ดที่มีเปลือกหุ้ม ส่วน FFSB ชนิดเอ็กซ์ทรา ไม่เหมาะที่จะเก็บไว้นาน เนื่องจากจะเกิดการฟืนของไขมันได้ง่ายกว่าแบบหนึ่งและอบนั่นเอง.

Table 5. Amount of trypsin inhibitor activity (TIA) in diet and the intake of broilers fed diets containing different processed soybean.

Diets	TIA			
	In diet (%)		Intake ¹	
	1-3 wk	3-6 wk	6-7 wk	(g/bird)
Basal (soybean meal)		NA		NA
Extruder	0.07	0.06	0.05	2.4
Steam heated, 5 min ²	0.30	0.27	0.20	9.9
Steam heated, 10 min	0.23	0.21	0.16	8.1
Steam heated, 15 min	0.10	0.09	0.07	3.6
Dry heated, 20 min ³	1.11	1.01	0.75	35.3
Dry heated, 30 min	1.03	0.94	0.69	32.5
Dry heated, 40 min	0.90	0.82	0.61	28.7

NA = Data not available

¹ The whole experimental period (7 wks)

^{2,3} See 1, 2 in Table 2

กรณีอัตราการตายจากทุกกลุ่มการทดลองไม่ปรากฏผลแตกต่างกัน (ตารางที่ 4) แม้
ว่าไก่บางกลุ่ม โดยเฉพาะกลุ่มที่ได้รับ FFSB ชนิดคอป ได้รับ TIA ปริมาณมากก็ตาม ผลนี้สอดคล้อง
กับหลาย ๆ การทดลองทั้งที่ใช้ถั่วคอป ถั่วชนิดที่มี TIA ต่ำ (Kunitz inhibitor-free) หรือ
ถั่วชนิดที่ยังผ่านความร้อนมาไม่พอเพียง ไม่มีรายงานเกี่ยวกับผลเสียด้านอัตราการตาย (Bajjalieh
et al., 1980; Zhang *et al.*, 1991; Han *et al.*, 1991).

น้ำหนักตับ ตับอ่อน และไขมันในช่องท้อง

จากการสุ่มมาไก่ทดลองที่อายุ 7 สัปดาห์ แล้วชั่งน้ำหนักตับ ตับอ่อน และไขมันใน
ช่องท้อง (Abdominal plus visceral fat) คำนวณเป็นร้อยละของน้ำหนักตัวเมื่อมีชีวิต ผล
แสดงในตารางที่ 6 ปรากฏว่า น้ำหนักตับอ่อนของกลุ่มที่ใช้ FFSB ชนิดคอปมีการขยายขนาด
มากกว่ากลุ่มอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ (0.259-0.279 vs 0.146-0.192% LW) ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมา
จากตับอ่อนเร่งการผลิตน้ำย่อยโดยเฉพาะชนิดย่อยโปรตีน (Proteolytic enzyme) ออกมาชดเชย
กับส่วนที่ถูกขัดขวางการทำงานด้วย TIA โดยไก่กลุ่มที่ใช้ FFSB ชนิดคอปได้รับ TIA เข้าไปใน
ร่างกายเป็นจำนวนมาก (ตารางที่ 5) สอดคล้องกับผลการศึกษาในหนูของ Kakade *et al.* (1971)
ที่ใช้ถั่วชนิดที่มี TIA สูง (Navy bean) หรือใช้ TIA สังเคราะห์ (p-aminobenzamidine)
ปรากฏว่าตับอ่อนของหนูขยายใหญ่ขึ้น แต่เมื่อเสริมกรดอะมิโนเมทไธโอนีน และ/หรือ ซิสทีน
(Cystine) การขยายจะลดลง และสอดคล้องกับในไก่เนื้อที่ให้กินถั่วเหลืองคอบหรือถั่วที่ยังคงมี TIA
อยู่ ตับอ่อนก็มีการขยายขนาดเช่นกัน (Featherston and Rogler, 1966; McNaughton and
Reece, 1980; Anderson-Hafermann *et al.*, 1992) ส่วนกรณีตับอ่อนของไก่กลุ่มที่ใช้ FFSB
ชนิดนิ่งและชนิดเอ็กซ์ทราไม่ปรากฏผลต่างจากกลุ่มควบคุม อาจเนื่องจาก TIA ใน FFSB ถูก
ทำลายไปมาก ซึ่งตลอดระยะเวลาการทดลองเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ใช้ FFSB ชนิดคอป พบว่ามีปริมาณ
น้อยกว่ามาก อย่างไรก็ตามก็ศึกษาการใช้ FFSB ชนิดนิ่งและชนิดเอ็กซ์ทรา ตับอ่อนมีแนวโน้มขยายตัว
มากกว่ากลุ่มควบคุม.

สำหรับน้ำหนักตับและไขมันในช่องท้องจากทุกกลุ่มทั้งที่ใช้กากถั่วเหลืองและใช้ FFSB
ชนิดต่าง ๆ ให้ผลไม่ต่างกัน ยกเว้นกลุ่มที่ใช้ FFSB ชนิดคอป 20 นาฟ มีน้ำหนักตับสูงสุด ส่วน
ไขมันในช่องท้องของกลุ่มควบคุมมีแนวโน้มที่จะสะสมน้อยกว่ากลุ่มอื่น ๆ (ตารางที่ 6) ผลสอดคล้อง
กับรายงานของ Summers *et al.* (1966) ที่ใช้ถั่วเหลืองคอบในอาหารไก่ไข่เป็นเวลา 1 ปี
ไม่ทำให้น้ำหนักตับแตกต่างจากกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลือง แต่มีแนวโน้มทำให้น้ำหนักตับลดลงเมื่อมี
การใช้ถั่วเหลืองคอบ ส่วนกรณีไขมันในช่องท้องที่มีการสะสมมากขึ้นเมื่อใช้ FFSB นั้น น่าจะเกิด
จากอาหารสูตรที่ใช้ FFSB ทุกสูตรมีไขมัน (พลังงาน) สูงกว่าสูตรควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลือง
(ตารางที่ 1) ปริมาณไขมันเหล่านี้เมื่อเหลือจากการใช้ประโยชน์จึงเกิดการสะสมตามส่วนต่าง ๆ
ของร่างกาย (Kubena *et al.*, 1974) แต่การสะสมนี้ยังไม่พบความแตกต่างในทางสถิติ.

Table 6. Percentage of liver, pancreas, and fat of 7 week-old broilers fed diets containing different processed soybean.

Diets	Liver (———— % Liveweight ————)	Pancreas	Fat ¹
Basal (soybean meal)	2.07 ^b	0.148 ^b	2.00 ^a
Extruder	2.12 ^b	0.182 ^b	2.32 ^a
Steam heated, 5 min ²	2.21 ^{ab}	0.192 ^b	2.59 ^a
Steam heated, 10 min	2.15 ^b	0.182 ^b	2.25 ^a
Steam heated, 15 min	1.99 ^b	0.146 ^b	2.13 ^a
Dry heated, 20 min ³	2.44 ^a	0.279 ^a	2.49 ^a
Dry heated, 30 min	2.16 ^b	0.266 ^a	2.74 ^a
Dry heated, 40 min	2.23 ^{ab}	0.259 ^a	2.57 ^a
Males, $\bar{x} \pm SE^4$	2.13 $\pm$ 0.18	0.205 $\pm$ 0.055	2.31 $\pm$ 0.34
Females, $\bar{x} \pm SE^4$	2.21 $\pm$ 0.16	0.209 $\pm$ 0.055	2.45 $\pm$ 0.39

^{ab} Means within column with no common superscripts are significantly different ($P < 0.05$)

¹ Abdominal plus visceral fat

^{2,3} See 1, 2 in Table 2.

⁴ No significant difference

อนึ่งจากการศึกษาครั้งนี้ อิทธิพลของเพศไม่มีผลต่อน้ำหนักตับ ตับอ่อน และไขมันในช่องท้องแต่ประการใด (ตารางที่ 6).

ต้นทุนการผลิตเนื้อไก่

ต้นทุนการผลิตไก่เนื้อเมื่ออายุได้ 7 สัปดาห์ โดยให้กินอาหารที่ใช้ FFBSB ชนิดต่าง ๆ (ผง, อบ หรือเอ็กซ์ทราค) เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองในช่วงไก่อายุ 1-7 สัปดาห์ (42 วัน) เมื่อพิจารณาเฉพาะต้นทุนค่าอาหารอย่างเดียว โดยกำหนดราคาวัตถุดิบตามราคาเฉลี่ยในท้องตลาด และกำหนดค่าใช้จ่ายสำหรับการฝังและอบเท่ากับ 1 บาท/กิโลกรัม ราคา FFBSB ชนิดผงและอบที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้จึงเท่ากับ 9.50 บาท/กิโลกรัม ในขณะที่ FFBSB ชนิดเอ็กซ์ทราค มีราคา

กิโลกรัมละ 12.50 บาท ผลแสดงในตารางที่ 7 ปรากฏว่าอาหารที่ใช้ FFSB มีราคาสูงขึ้น อันเนื่องมาจาก FFSB มีปริมาณโปรตีนต่ำกว่ากากถั่วเหลือง และยังมีค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับกรรมวิธีการทำลายสาร TIA ด้วย ต้นทุนจึงเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะ FFSB ชนิดเอ็กซ์ทราด์มีราคาอาหารต่อกิโลกรัมสูงสุด ส่งผลให้ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตเนื้อไก่ 1 กิโลกรัม สูงกว่ากลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลืองและกลุ่มที่ใช้ FFSB ชนิดหนึ่ง แต่มีต้นทุนการผลิตต่ำกว่ากลุ่มที่ใช้ FFSB ชนิดอบที่มีการเจริญเติบโตไม่ดี.

อย่างไรก็ดี การใช้ FFSB ชนิดหนึ่ง หากใช้เวลานานมากพอจนสามารถทำลาย TIA ได้เกือบหมด และ/หรือ มีการบดเมล็ดถั่วให้แตกละเอียดจนมีขนาดไม่เกิน 1 มม. เพื่อให้ไขมันและสารโภชนะอื่น ๆ ในเมล็ดถั่วถูกนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ จะทำให้การเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารไม่ต่างจาก FFSB ชนิดเอ็กซ์ทราด์ ต้นทุนการผลิตก็จะต่ำลงอีก ทั้งนี้เพราะค่าใช้จ่ายสำหรับกรรมวิธีการทำลาย TIA เป็นแบบง่าย ๆ มีต้นทุนไม่สูง จึงน่าจะเหมาะสมกับฟาร์มเลี้ยงสัตว์ที่มีการผสมอาหารใช้เอง โดยการซื้อเมล็ดถั่วจากผู้ปลูกโดยตรง ซึ่งก็จะทำให้ต้นทุนค่าอาหารยังถูกลง.

Table 7. Performance and cost of production of 7 week-old broilers fed diets containing different processed soybean.

Diets	Liveweight gain (kg)	FCR	Cost of feed per ¹	
			kg.feed ← (Bt) →	kg.wt.gain
Basal (soybean meal)	2.04	2.03	5.87	11.92
Extruder	2.11	1.91	6.61	12.63
Steam heated, 5 min ²	1.92	2.05	6.02	12.34
Steam heated, 10 min	2.04	2.01	6.02	12.10
Steam heated, 15 min	2.06	2.02	6.02	12.16
Dry heated, 20 min ³	1.77	2.13	6.02	12.82
Dry heated, 30 min	1.75	2.15	6.02	12.94
Dry heated, 40 min	1.81	2.10	6.02	12.64

¹ Ingredient prices (Bt/kg) : Yellow corn 3.50, rice bran 4.30, fish meal 13.50, oyster shell 1.50, DL-methionine 100.00, salt 2.00, vitamin-mineral premix 150, soybean meal 9.75, and full-fat soybean 12.50 for extruder, 9.50 for steam & dry heated.

^{2,3} See 1, 2 in Table 2.

สรุปผลการทดลอง

จากการใช้เมล็ดถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการสกัดน้ำมัน (FFSB) แต่นำไปผ่านขบวนการให้ความร้อนแบบแห้ง (อบ) และแบบมีความชื้น (นึ่ง) โดย FFSB ชนิดอบ ใช้เครื่องอบหมุนปิ้ง มีแกสเป็นแหล่งให้ความร้อนปรับอุณหภูมิภายในตู้ให้คงที่ที่ 180° ซ. อบด้วยระยะเวลา 20, 30 และ 40 นาที ซึ่งจะได้อุณหภูมิที่เมล็ดถั่วขณะอบเท่ากับ 60, 81 และ 100° ซ. ตามลำดับ ส่วน FFSB ชนิดนึ่ง ใช้ถังนึ่งที่ทำด้วยไม้แบบประกบแน่น ปิดด้วยฝาอะลูมิเนียม ไอน้ำที่เข้ามายังถังนึ่งมีแรงดัน 40 ปอนด์/ตารางนิ้ว ใช้เวลานึ่ง 5, 10 และ 15 นาที มีอุณหภูมิที่เมล็ดถั่วเท่ากับ 83, 95 และ 106° ซ. ตามลำดับ จากนั้นรีบนำถั่วไปคั่วในกะทะที่กำลังร้อน เป็นเวลา 2-3 นาที เพื่อให้เมล็ดถั่วอยู่ในสภาพแห้ง นำ FFSB ทั้งชนิดอบและนึ่งไปใช้เป็นวัตถุดิบแหล่งโปรตีนและพลังงานทดแทนกากถั่วเหลืองทั้งหมดในอาหารไก่เนื้อช่วงอายุ 1-7 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับสูตรควบคุมที่ใช้กากถั่วเหลือง และสูตรที่ใช้ FFSB ชนิดเอ็กซ์ทราค ผลสรุปได้ว่า :

1. วิธีการนึ่งสามารถทำลาย TIA ได้ดีกว่าแบบอบ โดยการนึ่งที่ระยะเวลา 15 นาที TIA ถูกทำลายเกือบหมด คงเหลือใกล้เคียงกับชนิดเอ็กซ์ทราค ส่วนวิธีการอบยังให้ความร้อนไม่สูงพอ จึงทำลาย TIA ได้เพียงเล็กน้อย (13-29%).
2. FFSB ชนิดนึ่งสามารถใช้เป็นอาหารไก่เนื้อได้ โดยไม่ทำให้เกิดผลเสียต่อสมรรถภาพการผลิต ยกเว้นเมื่อนึ่งด้วยเวลาเพียง 5 นาที การเจริญเติบโตยังไม่ดีพอ.
3. FFSB ชนิดอบ ไม่เหมาะที่จะนำไปใช้เป็นอาหารไก่เนื้อตั้งแต่ระยะแรกของการเจริญเติบโต (อายุ 1 สัปดาห์) จนถึงระยะส่งตลาด เนื่องจากมีผลทำให้สมรรถภาพการผลิตลดลง และยังทำให้คัปปอนมีขนาดใหญ่ขึ้นด้วย.
4. FFSB ชนิดเอ็กซ์ทราคมีประสิทธิภาพการใช้อาหารดีที่สุด แต่สมรรถภาพการผลิตด้านอื่นๆ ไม่ต่างจาก FFSB ชนิดนึ่ง.
5. การสะสมไขมันในช่องท้องของไก่เนื้อเมื่อได้รับ FFSB ชนิดต่าง ๆ มีแนวโน้มที่จะสะสมมากกว่ากลุ่มที่ใช้กากถั่วเหลือง.

ข้อเสนอแนะจากผลการทดลอง

จากการพิจารณาระหว่างการศึกษาในครั้งนี้ พอนจะมีข้อแนะนำดังนี้ :

1. FFSB ชนิดนึ่ง หากใช้วิธีบดเมล็ดถั่วให้แตกก่อน โดยบดแบบหยาบ ๆ เพียงครั้งเดียว ด้วย Hammer mill ที่มีขนาดรูตะแกรงประมาณ 1 ซม. จากนั้นนำไปนึ่ง อาจจะช่วยลดระยะเวลาสำหรับการนึ่งให้น้อยลงและช่วยทำลาย TIA ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยคุณค่าทางอาหารใน FFSB ไม่ถูกทำลายไปด้วย.

2. FFSB ชนิดคอบด้วยวิธีการดังกล่าวข้างต้น ไม่ควรนำไปใช้แทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารทั้งหมด ควรจะใช้แทนที่บางส่วน (เช่น 50 หรือ 75%) หรือมีเช่นนั้นควรนำไปใช้กับไก่เนื้อในช่วงท้ายของการเจริญเติบโต ซึ่งไม่มีความทนทานต่อ TIA ได้มากกว่า ทั้งนี้เพื่อให้สอดคล้องกับสถานการณ์ในปัจจุบันที่มีการผลิตถั่วเหลืองที่มี TIA ต่ำ สำหรับใช้เป็นอาหารสัตว์โดยตรง โดยไม่ต้องนำไปผ่านกระบวนการให้ความร้อนก่อน คาดว่าในอนาคตคงจะมีการใช้ถั่วเหลืองชนิดนี้กันอย่างแพร่หลาย.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัย ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยครั้งนี้.

เอกสารอ้างอิง

- จันทร์ลักษณ์, จริฎ. (2523). สถิติวิธีวิเคราะห์และวางแผนงานวิจัย. สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด, กรุงเทพฯ.
- คังทวิวัฒน์, สุชน และ ชีวะอิสระกุล, บุญล้อม (2532). การใช้ถั่วพราเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารไก่เนื้อ. ว.เกษตร 5(2): 137-150.
- คังทวิวัฒน์, สุชน และ ชีวะอิสระกุล, บุญล้อม. (2535). การใช้เมล็ดถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการสกัดน้ำมันเป็นอาหารสัตว์ปีก 1. นกกระทาไข่และไก่สาว. ว.เกษตร 8(2): 115-126.
- ภูวดลไพโรจน์, ศิริลักษณ์. (2525). กรรมวิธีที่เหมาะสมในการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการของถั่วเหลืองและกากถั่วเหลืองเพื่อใช้เป็นอาหารเลี้ยงลูกสุกรหย่านมก่อนกำหนด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- เศรษฐรักษ์, วิมลรัตน์. (2520). ผลของการใช้ซูลินทรีย์ เอนไซม์ และสารละลายค่างช่วยปรับปรุงคุณภาพของถั่วเหลืองเพื่อเลี้ยงสุกรหย่านมก่อนกำหนด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ย้อยเขียวชาญกิจ, กษิตศ. (2518). ผลการแช่ถั่วเหลืองนึ่งและกากถั่วเหลืองลงในสารละลายกรดหรือค่างเพื่อใช้เป็นอาหารเลี้ยงลูกสุกรหย่านมก่อนกำหนด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Anderson-Hafermann, J.C., Zhang, Y., Parsons, C.M. and Hymowitz, T. (1992). Effect of heating on nutritional quality of conventional and Kunitz trypsin inhibitor-free soybeans. Poultry Sci. 71: 1700-1709.
- A.O.A.C. (1980). Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists, 13th ed. Washington, DC., USA.
- Bajjalieh, N., Orf, J.H., Hymowitz, T. and Jensen, A.H. (1980). Response of young chicks to raw, defatted, Kunitz trypsin inhibitor variant soybeans as sources of dietary protein. Poultry Sci. 59: 328-332.

- Carew, L.B., Jr., Hill, F.W. and Nesheim, M.C. (1961). The comparative value of ground unextracted soybeans and heated dehulled soybean flakes as a source of soybean oil and energy for the chick. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 38: 249-253.
- Featherston, R.R. and Rogler, J.C. (1966). A comparison of processing conditions of unextracted soybeans for utilization by the chick. *Poultry Sci.* 45: 330-336.
- Hafez, Y.S., Singh, G., McLellan, M.E. and Monroe-Lord, L. (1983). Effects of microwave heating on nutritional quality of soybeans. *Nutr. Reports Int.* 28(2): 413-421.
- Han, Y., Parsons, C.M. and Hymowitz, T. (1991). Nutritional evaluation of soybeans varying in trypsin inhibitor content. *Poultry Sci.* 70: 896-906.
- Hayward, J.W., Steenbock, H. and Bohstedt, G. (1936). The effect of heat as used in the extraction of soybean oil upon the nutritive value of the protein. *J. Nutr.* 11: 219-234.
- Johnson, L.A., Deyoe, C.W., Hoover, W.J. and Schwenke, J.R. (1980). Inactivation of trypsin inhibitor in aqueous soybean extracts by direct steam infusion. *Cereal Chem.* 57(6): 376.
- Kakade, M.L., Simons, N. and Liener, I.E. (1971). Nutritional effects induced in rats by feeding natural and synthetic trypsin inhibitors. *J. Nutr.* 100: 1003-1008.
- Kakade, M.L., Rackis, J.J., McGhee, J.E. and Puski, G. (1974). Determination of trypsin inhibitor activity of soy products: A collaborative analysis of an improved procedure. *Cereal Chem.* 51: 376-383.
- Kubena, L.F., Chen, T.C., Deaton, J.W. and Reece, F.N. (1974). Factors influencing the quantity of abdominal fat in broilers. 3. Dietary energy levels. *Poultry Sci.* 53: 974-978.
- Leeson, S., Atteh, J.O. and Summers, J.D. (1989). Soybeans in diets for pullets and laying hens. *Nutr. Reports Int.* 40: 425-430.
- McNaughton, J.L. and Reece, F.N. (1980). Effect of moisture content and cooking time on soybean meal, urease index, trypsin inhibitor content, and broiler growth. *Poultry Sci.* 59: 2300-2306.
- McNaughton, J.L., Reece, F.N. and Deaton, J.W. (1981). Relationships between color, trypsin inhibitor contents, and urease index of soybean meal and effects on broiler performance. *Poultry Sci.* 60: 389-400.
- Mitchell, R.J., Waldroup, P.W., Hillard, C.M. and Hazen, K.R. (1972). Effects of pelleting and particle size on utilization of roasted soybeans by broilers. *Poultry Sci.* 51: 506-510.
- National Research Council (NRC). (1984). Nutrient requirements of poultry, 8th ed. National Academy Press, Washington, D.C., USA.
- Porter, P.J. and Britton, W.M. (1974). Fatty acid composition of chicks fed full fat soybeans. *Poultry Sci.* 53: 1137-1141.
- Renner, R., Clandinin, D.R. and Robblee, A.R. (1953). Action of moisture on damage done during overheating of soybean oil meal. *Poultry Sci.* 32: 582-585.
- Summers, J.D., McConachie, J.D., Slinger, S.J. and Pepper, W.F. (1966). The value of raw unextracted soybeans for laying hens. *Poultry Sci.* 45: 165-169.
- Waldroup, P.W. and Cotton, T.L. (1974). Maximum usage levels of cooked full-fat soybeans in all-mash broiler diets. *Poultry Sci.* 53: 677-680.
- Wiseman, J. (1987). Feeding of non-ruminant livestock. Butterworths, London, UK.
- Zhang, Y., Parsons, C.M. and Hymowitz, T. (1991). Research Note: Effect of soybeans varying in trypsin inhibitor content on performance of laying hens. *Poultry Sci.* 70: 2210-2213.